

PRAXE UČITELE MATEMATIKY – FYZIKY – INFORMATIKY

Edice metodických příruček
pro učitele a studenty učitelství
Ročník 1 (1995)

Vychází jako příloha časopisu
MATEMATIKA – FYZIKA – INFORMATIKA
Vydává nakladatelství PROMETHEUS, s. r. o.
ve spolupráci s Jednotou českých matematiků a fyziků
a s Univerzitou Karlovou v Praze.

Rozšiřuje a objednávkou přijímá:
Nakladatelství Prometheus, s. r. o., Žitná 25, 117 00 Praha 1
Podávání novinových zásilek povoleno
Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 1706/94 ze dne 29. 7. 1994.

Zpracoval: prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc.
Lektoroval: RNDr. Jaroslav Krejčí
I. vydání

© Emanuel Svoboda, 1995

ISBN 80-85849-99-2

Úvod	3
Mechanika	5
M 1 Existence atmosférické tlakové síly (varianta A)	5
M 2 Existence atmosférické tlakové síly (varianta B)	6
M 3 Existence atmosférické tlakové síly (varianta C)	7
M 4 Atmosférická tlaková síla (problémová úloha)	8
M 5 Stlačitelnost vzduchu (Heronova baňka)	9
M 6 Zdokonalená Heronova baňka	10
M 7 Heronova fontána (Heronovo zřídlo)	11
M 8 Přeměna vody na víno	12
M 9 Pohyb karteziánského poláपěče (problémová úloha)	13
M 10 Model plíc	15
M 11 Model ponorky	15
M 12 Beztížný stav (varianta A)	16
M 13 Beztížný stav (varianta B)	17
M 14 Setrvačnost tělesa	18
M 15 Rotace vařeného a syrového vajíčka	19
M 16 Zákon zachování mechanické energie	19
M 17 Model reaktivního motoru (varianta A)	20
M 18 Model reaktivního motoru (varianta B)	21
M 19 Rovnovážná poloha stálá	21
M 20 Rovnovážná poloha vratká	22
M 21 Vodorovný vrh rotujícího tělesa	22
M 22 Model žďmačky	23
M 23 Archimédův zákon pro plyny	24
M 24 Platí Archimédův zákon? (problémová úloha)	25
M 25 Hustota látek	26
M 26 Šíření vln ve vzduchu	27

Molekulová fyzika a termika	28
T 1 Vzájemné působení částic	28
T 2 Osmóza	29
T 3 Tepelná vodivost kovů (ochlazování plamene svíčky)	30
T 4 Pohlcování tepelného záření	30
T 5 Heronova sluneční fontána	31
T 6 Proudění kapaliny (vodní sopka)	32
T 7 Proudění kapalin v tñhovém poli	33
T 8 Změna teploty vzduchu při adiabatickém ději	34
T 9 Teplotní roztažnost pryžového vlákna	35
T 10 Změna povrchového napětí (lodička na mýdlový pohon)	36
T 11 Kapilární tlak	37
T 12 Vzlínavost vody	37
T 13 Tlak syté páry éteru	38
T 14 Var vody za sníženého tlaku	39
T 15 Tuhnutí a tání ledu	39
Elektrina	41
E 1 Elektroskop	41
E 2 Elektrostatický motor	42
E 3 Jiskrový výboj	43
E 4 Sértové spojení dvou rozdílných zárovek	44
E 5 Model jednoduchého elektromotoru	45
Optika	47
O 1 Rozklad světla ve vodě (model duhy, varianta A)	47
O 2 Rozklad světla ve vodě (model duhy, varianta B)	48
O 3 Model vláknového světlovodu (světelná fontána)	49
O 4 Totální odraz světla v organickém sklu (model světlovodu)	50
O 5 Svíčka hořící pod vodou (problémová úloha)	51
O 6 Skryté barvy (papírková chromatografie)	52
Použitá literatura	53

ÚVOD

Stále častěji se zamýšlím nad skutečností, proč tolik žáků nebo studentů nemá rádo fyziku, proč se v hodinách fyziky nudí, proč se málo zajímají o fyzikální jevy a děje, proč poklesl zájem o studium fyziky na vysoké škole. Důvodů je určitě mnoho, ale jeden důvod je podle mého názoru základní – málo demonstrujeme jako učitelé, málo pokusů dělají žáci a studenti ve škole nebo doma. Není také čas a nejsou vhodné texty na zadávání domácích experimentů, při kterých by se pozorované jevy mohly v klidu promýšlet a hledalo se jejich zdůvodnění. Tím by se vytvořily podmínky k tomu, aby z vlastní tvůrčí činnosti vznikala u žáků a studentů zájem o soustavnější studium fyzikálních jevů kolem nás.

Nemalou měrou se na tomto nedobřím stavu výuky fyziky podílí nedostatek pomůcek, málo finančních prostředků na nákup nových pomůcek a nejrůznějších, často složitých přístrojů. Problémy jsou také s jejich opravou či údržbou.

Domnívám se, že je nezbytně nutné obnovit pokusy ve výuce fyziky ve všech jejích fázích, a to i těmi nejjednoduššími prostředky. Třeba s předemnými potřebami nebo i s předměty, které by jinak skončily v odpadkovém koši, např. plastové láhve nejrůznějšího objemu.

Uvedený soubor fyzikálních pokusů s jednoduchými pomůckami vznikl na základě zkušeností, které jsem získal při častých demonstračních na mnoha seminářích pro učitele fyziky, pro žáky základních škol a studenty gymnázií. Soubor obsahuje především jednoduché pokusy z mechaniky, molekulové fyziky a termiky, ale je uvedeno i několik pokusů z elektřiny a optiky. Předpokládám, že soubor nejen poskytne dostatek informací pro provádění uvedených pokusů, ale bude také inspirovat učitele k tvorbě dalších, pro oživení výuky fyziky potřebných experimentů. Věřím také, že příručka bude návodem pro žáky a studenty k provádění vhodných pokusů doma, včetně různých fyzikálních kousků. Snažil jsem se uvést v souboru i některé pokusy, které jsou sice popsány v různých sbornících či jiných publikacích, ale pro většinu učitelů nebo žáků je tato literatura většinou nedostupná. Odkaz na použitou literaturu uvádím v závěru sešitu.

U každého pokusu je uveden seznam potřebných pomůcek a věcí k jejich úpravě. Následuje popis přípravy pokusu, na který navazuje jeho provedení. Ve většině případů jsou tyto části doplněny obrázky pro názornější představu jednotlivých částí i celé sestavy. Potom je stručně vysvětlen pozorovaný jev nebo děj. Na závěr některých pokusů jsou uvedeny metodické a technické poznámky včetně dalších možných modifikací popisovaného experimentu.

Sešit má jistě i své nedostatky. Rád přijmu všechny připomínky k obsahu či formě i náměty pro zpracování podobné publikace.

MECHANIKA

M 1 Existence atmosférické tlakové síly (varianta A)

Pomůcky

plechovka od nápojů, plastelína, vaříč, kbelík s vodou, rukavice (chňapka)

Příprava

Použitou plechovku od nápojů (např. Fanta, Sprite apod.) naplníme horkou vodou asi 1 cm až 2 cm ode dna. Postavíme ji na zapnutý vaříč. Necháme vodu několik minut vřít, aby se z vnitřku plechovky odstranil vzduch a prostor nad vodou se zaplnil vodní párou. Na jednu ruku si nasadíme rukavici (např. tzv. chňapku používanou v kuchyni), do druhé ruky vezmeme plastelínovou kuličku o průměru asi 3 cm.

Provedení

Rozehrátou plechovku sejmeme pomocí rukavice z vaříče a otvor v plechovce dobře utěsníme plastelínou. Plechovku pak rychle vhodíme do kbelíku se studenou vodou. Plechovka se značně zdeformuje, přičemž vzniknou zvukové efekty. Nezapomeneme vypnout vaříč.

Vysvětlení

Páry vroucí vody vytlačily vzduch z plechovky, takže po jejím uzavření a následném ochlazení vznikl v plechovce podtlak v důsledku kondenzace vodní páry. Působením vnější atmosférické tlakové síly a hydrostatické síly se plechovka značně pomačkala.

Poznámky

1. Aby byl pokus úspěšný, musí plastelína dobře utěsnit otvor, dobře přilnout k plechu. Musíme také dát pozor, aby se plastelína při vřazení plechovky do kbelíku s vodou neuvolnila.
2. Máme-li dvě stejné plechovky, můžeme po provedení pokusu s jednou plechovkou předvést doplňující pokus s druhou plechovkou, a to ve dvou krocích. Nejprve ji uzavřenou vhodíme do kbelíku s vodou. Žádná deformace nenastane. Potom tuto plechovku vyjmeme z vody, osušíme a dáme ji vybranému žákovii zdeformovat rukama. Tím vynikne, jak velká je atmosférická tlaková síla.
3. Pokus lze provést v menších „rozměrech“, např. s kovovým obalem od použité zubní pasty, maslu či krému. Před pokusem obal vyfoukneme skoro do původního tvaru (např. vpravíme do obalu trochu vody, obal uzavřeme a opatrně zahřejeme nad plamenem svíčky).

Byl bych rád, kdyby sešit s fyzikálními pokusy pomocí jednoduchých prostředků pomohl učitelům fyziky při jejich náročném experimentální činnosti a u žáků či studentů vzbudil zájem o krásnou vědu zvanou fyzika.

Experimentujte, hrajte si, vymýšlejte další varianty pokusů. Přejí hodně zdaru při této krásné činnosti a hodně radosti z dosažených výsledků.

Emanuel Svoboda

Praha 1995

4. V některých návodech k tomuto pokusu je doporučováno dát do prázdné a uvnitř suché plechovky několik kapek benzínu. Ten pak zapálit, a když všechn vyhoří, otvor ucpat a plechovku vhodit do kbelíku s vodou. Tuto variantu nedoporučuji provádět z důvodu bezpečnosti práce.

M 2 Existence atmosférické tlakové síly (varianta B)

Pomůcky

láhev se širokým hrdlem, uvařené vajíčko, proužek novinového papíru, zápalky

Příprava a provedení

Do láhve se širokým hrdlem (např. od mléka, smetany, jogurtu nebo kečupu) vsuneme zapálený proužek novinového papíru. Když plamen uhasne, nasadíme na hrdlo uvařené oloupané vajíčko špičkou dolů (obr. 1). Mírně ho k láhvi přitlačíme. Vajíčko se samo postupně protlačí do láhve.

Vysvětlení

Plamen ohřál vzduch uvnitř láhve a část vzduchu z láhve unikla. Spalováním papíru vznikl CO_2 a horká vodní pára. Jakmile plamen uhasl a hrdlo bylo zakryto vajíčkem, došlo k ochlazení směsi plynů v láhvi, ke kondenzaci vodní páry a k rozpouštění CO_2 ve vodě. Všechny tyto děje způsobily pokles tlaku v láhvi ve srovnání s vnějším atmosférickým tlakem. Proto vnější atmosférická tlaková síla vtlačí vajíčko do láhve.

Poznámky

1. Pokus je vhodné provést také při výkladu pojmu plošná síla. Zde ji reprezentuje atmosférická tlaková síla rovnoměrně rozložená po té části povrchu vajíčka, které je nad hrdlem. Tato síla „elegantně“ zatlačí vajíčko do láhve bez jeho porušení. Zkoušíme-li to prsty ruky, nepovede se nám to.
2. Podle průměru hrdla použité láhve je potřeba vybrat vhodné vajíčko. Vajíčko nenecháme příliš dlouho vařit, stačí 5 až 6 minut.
3. Místo vařeného vajíčka můžeme použít poutového balónek, který nafoukneme přibližně do velikosti vajíčka. U balónek ponecháme silnější nit, za kterou po pokusu balónek opatrně vytáhneme z láhve ven. Pro zdármy průběh pokusu je nutné, aby balónek dobře přiléhal k vnitřku hrdla. Toho je možno dosáhnout namažáním hrdla láhve olejem nebo vazelinou.

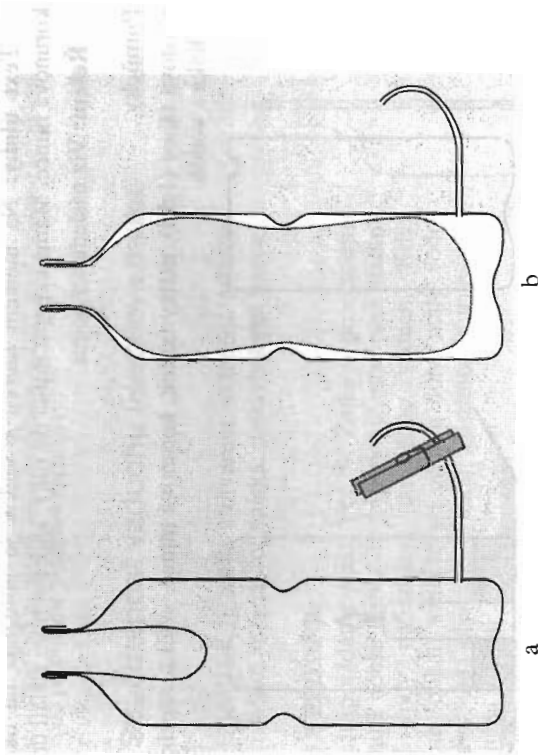
M 3 Existence atmosférické tlakové síly (varianta C)

Pomůcky

plastová láhev (2 l), balónek, gumičky, pryžová hadička (0,5 m), lepidlo, količek na prádlo

Příprava

Do plastové láhve uděláme asi 1 cm až 2 cm ode dna otvor. Do otvoru zasuneme nakrátko pryžovou hadičku. Pokud není otvor dobře hadičkou utěsněn, zalepíme netěsnosti lepidlem (např. Purocelem nebo jiným univerzálním roztokovým lepidlem). Vnější konec hadičky uzavřeme količkem na prádlo. Na hrdlo láhve navlékneme větší poutový balónek (vhodný je také kondom) tak, aby visel volně dovnitř láhve, obr. 2a. Přeš balónek na hrdlo láhve přetáhne gumičku. Touto úpravou oddělíme vzduch v láhvi (a v hadičce) od okolního vzduchu.



Obr. 2

Provedení

Količek uvolníme a vysáváme hadičkou vzduch z láhve. Balónek se roztahuje, až téměř zaplní celý vnitřek láhve, obr. 2b. Přestaneme-li s vysáváním, vniká hadičkou do vnitřku láhve vzduch, tlaky vně i uvnitř balónek se vyrovnají a balónek se vrátí do původního stavu.

Vysvětlení

V případě znázorněném na obr. 2a je tlak vně i uvnitř balónku stejný, proto balónek volně visí v láhvi. V případě znázorněném na obr. 2b je vnější atmosférická síla působící na vnitřní část balónku větší než celková tlaková síla působící na jeho vnější část.

Poznámky

1. Pokus lze obměnit tak, že pryžovou hadičku uzavřeme tlačkou, láhev naplníme vodou a pak teprve na hrdlo nasadíme balónek. Uvolníme-li tlačku a necháme hadičkou vytékat vodu z láhve, balónek začne zvětšovat svůj objem.
2. Průběh pokusu může posloužit jako příklad vratného děje.

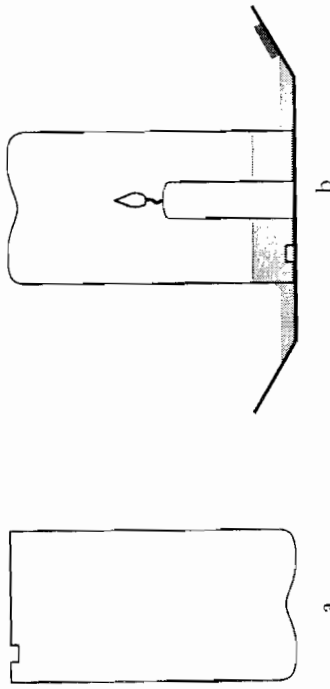
M 4 Atmosférická tlaková síla (problémová úloha)

Text úlohy: Na mělkém talířku s vodou je položena na okraji vody korunová mince. Máme uchopit minci do ruky, aniž bychom sahali do vody.

Řešení: Viz následující pokus.

Pomůcky

plastová láhev (1,5 l), mělký talířek, korunová mince, svíčka, zápalky, nůžky, kádinka s vodou



Obr. 3

Příprava a provedení

Plastovou láhev zkrátíme seříznutím horní části asi na 3/4 její výšky. Na jednom místě řezu uděláme malý zářez hloubky asi 2 mm, obr. 3a. Dále si připravíme svíčku asi poloviční výšky, než je vyska upravené láhve. Na talířek nalijeme vodu, na její okraj položíme minci, aby byla celá pod vodou. Výška nalité vody musí být o něco větší než hloubka zářezu na láhvi.

Zapálíme svíčku a postavíme ji do středu talířku. Svíčku přiklopíme upravenou láhví a tlakem prstu na dno láhve zabezpečíme její stabilitu. Když svíčka zhasne, pozorujeme, že se zářezem nasává do láhve voda. Jakmile se mince objeví na suchu, obr. 3b, vezmeme minci do ruky a úkol je splněn.

Vysvětlení

Teplý vzduch, plyny vzniklé hořením a vodní pára pod láhví se ochladí, když uhasne plamen. Tím klesne tlak v láhvi ve srovnání s vnějším atmosférickým tlakem. Atmosférická tlaková síla vylučí vodu do láhve, mince se objeví na suchu.

Poznámky

1. Pro lepší viditelnost nasávání vody do láhve obarvíme vodu potravinářskou barvou.
2. Žáci mohou přijít i s jiným řešením, např. podtlakem dosáhneme zmáčknutím láhve a po uvolnění se voda vltáhne do láhve.
3. Místo upravené plastové láhve můžeme použít např. zavařovací sklenici (1 l), kterou ve vodě podložíme použitou zápalkou.

M 5 Stlačitelnost vzduchu (Heronova baňka)

Pomůcky

plastová láhev (1,5 l), zátká s otvorem, skleněná trubička na jednom konci zúžená, fotomiska, potravinářská barva

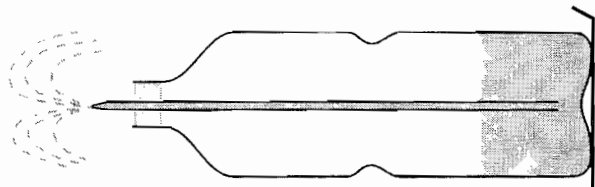
Příprava a provedení

Pokus uspořádáme podle obr. 4. Zátka a procházející trubice musí dobře těsnit. Trubicí ponořenou pod hladinu obarvené vody nafoukáme do láhve vzduch. Když přestaneme foukat, vznikne po určité době malý vodotrysk. Když voda přestane vytékat, zjistíme, že trubice je celá naplněna vodou.

Trvání vodotrysku prodloužíme, když rukama zmačkáme stěny láhve. Po skončení tohoto děje zůstane trubice naplněna vodou jen zčásti.

Vysvětlení

Na počátku děje má vzduch v láhvi tlak rovný atmosférickému tlaku. Foukáním dojde ke zvětšení hmotnosti vzduchu při konstantním objemu, neboli vzduch je stlačen na tlak větší, než je tlak atmosférický. Jakmile foukání



Obr. 4

vzduchu přerušíme, tlaková síla vzduchu uvnitř láhve začne vytlačovat vodu trubici z láhve ven. V zúženém místě trubice vznikne malá fontána. Vytlačováním vody se zvyšuje objem vzduchu v láhvi, proto jeho tlak klesá. Dosáhne-li hodnoty rovné součtu atmosférického tlaku a hydrostatického tlaku vodního sloupce v trubici, fontána ustane. Deformujeme-li stěny láhve vnější tlakovou silou, zmenší se objem vzduchu v láhvi, jeho tlak vzroste a opět se na krátkou dobu objeví fontána.

M 6 Zdokonalená Heronova baňka

Pomůcky

dvě plastové láhve (1,5 l - 2 l), dvě zátky se dvěma otvory, dvě delší skleněné nebo plastové trubice (z toho jedna se zúženým koncem), jedna kratší hadička (pro spojení trubice s nálevkou) a jedna delší hadička, dvě kratší trubičky, nálevka, kádinka s vodou, velká fotomiska, podstavec, lepidlo

Příprava

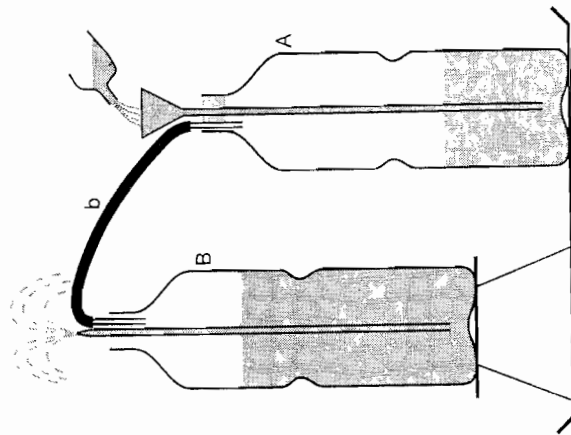
Pokus uspořádáme podle obr. 5. Rozdíl hladin v obou nádobách volíme co největší. Toho dosáhneme např. postavením láhve B (láhve s tryskou) na podstavec. Všechny průchody zátkami a spoje musí být velmi dobře utěněny (např. lepidlem, voskem).

Provedení

Do nálevky začneme plynule nalévat vodu. Z nádoby B začne tryskou vytekat voda v podobě fontánky. Jakmile se nádoba B vyprázdní, vodotrysk skončí.

Vysvětlení

Voda stékající z nálevky trubici do láhve A způsobuje vytlačování vzduchu přes spojovací hadičku b do láhve B. V ní vzniká přetlak, proto voda stoupá trubici vzhůru a tryská v podobě fontánky.

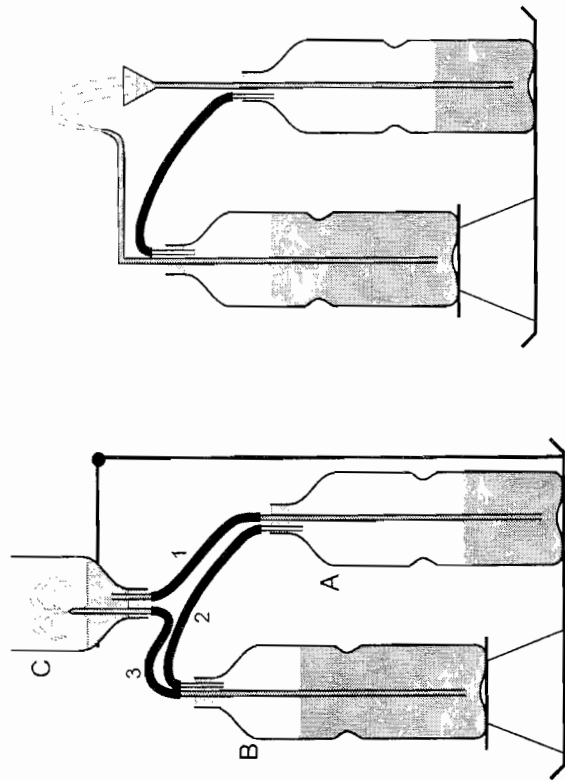


Obr. 5

M 7 Heronova fontána (Heronovo zřídlo)

Pomůcky

tři plastové láhve (1,5 l - 2 l), dvě delší trubice, jedna trubice se zúženým koncem, tři pryžové (plastové) hadičky, tři zátky se dvěma otvory, tři krátké spojovací trubičky, velká fotomiska, podstavec, stojan s držákem, kádinka s vodou



Obr. 6

Příprava a provedení

Pokus uspořádáme podle obr. 6a. Ke dvěma lahvím A, B z pokusu M 6 hadičkami připojíme seřiznutou vrchní část plastové láhve C. Tato třetí láhev slouží jako zásobník vody pro fontánu. Jakmile láhev C naplníme vodou asi 3 cm pod trubicí s tryskou, začne voda stříkat tímto zúženým otvorem. Vznikne Heronova fontána.

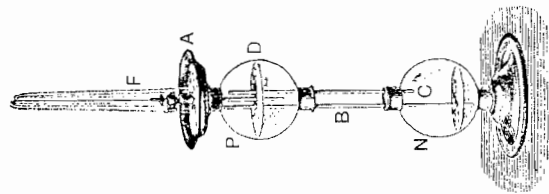
Vysvětlení

Hadíčkou (1) začne stékat do láhve A. Hladina vody v této láhvi začne stoupat. Ve srovnání s atmosférickým tlakem se zvýší tlak vzduchu nad hladinou vody v nádobě A, v hadičce (2) a nad hladinou v láhvi B. Přetlaková síla způsobuje vytlačování vody hadičkou (3) do trubice se zúženým koncem

v láhvi C. Vznikne fontána. Voda stříká do té chvíle, dokud není vyčerpána zásoba vody v láhvi B. Pak stačí vyměnit láhve A a B, dobře je utěsnit a celý postup se může zopakovat.

Poznámky

1. Jiná obměna pokusu je znázorněna na obrázku 6b.
2. V souvislosti s pokusem je možno se studenty řešit úlohu, na čem závisí výška fontány.
3. Klasický typ fontány připisovaný starověkému řeckému mechanikovi a matematikovi Herónu z Alexandrie (žil kolem roku 100 před n.l.) je znázorněn na obr. 7. Fontána (zřídlo) se skládá ze dvou kulových nádob P a N spojených spolu trubicí CD. K nádobě P je připojena miska A, kterou spojuje trubice B se spodní nádobou N. Naplníme-li horní nádobu P až po značku D vodou a nalijeme-li na misku A vodu, stéká trubicí B do nádoby N. Tím vzroste tlak vzduchu v této nádobě, v trubicí CD i v nádobě P. Vzárust tlaku způsobí tryskání vody otvorem F.



Obr. 7

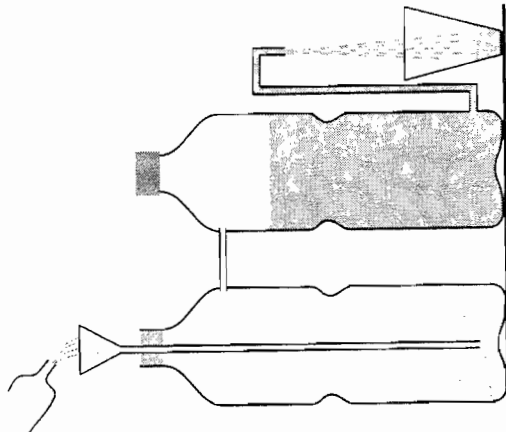
M 8 Přeměna vody na víno (problémová úloha typu černá schránka)

Pomůcky

dvě plastové láhve (1,5 l), nálevka s dlouhou trubicí, výtoková trubice, kratší trubička, dvě pryžové průchodky, zátky s otvorem, sklenice, červená potravinářská barva, karton

Příprava

Pokus uspořádáme podle obr. 8. Obě láhve jsou spolu spojeny krátkou trubičkou, která se zasune do tzv. průchodek s vnitřním průměrem o něco menším, než je vnější průměr použité trubičky. Láhev vpravo je naplněna červeně obarvenou vodou („vínem“) až těsně pod spojovací otvor a uzavřena uzávěrem.



Obr. 8

Celý uspořádání šikovně zakryjeme kartonem tak, aby byla vidět jen nálevka a kousek výtokové trubice nad sklenicí. Tím jsme vytvořili černou schránku.

Provedení

Do nálevky nalejeme čistou vodu. Z výtokové trubice vyteče „vino“ o stejné hmotnosti. Pokus můžeme několikrát opakovat až do vyčerpání zásoby obarvené vody.

Vyzveme žáky, aby navrhovali hypotézy řešení, jak může k takové přeměně dojít.

Vysvětlení (po odkrytí kartonu)

Před nalitím vody do nálevky jsou tlaky vzduchu v obou láhvích stejné. Když začneme lít vodu do levé láhve, zvýší se v ní tlak vzduchu o hydrostatický tlak vodního sloupce v trubicí s nálevkou. To má za následek, že se zvětší tlaková síla, kterou působí vzduch v pravé láhvi na obarvenou vodu. Proto výtokovou trubicí část této vody vyteče.

Poznámky

1. Celý úspěch pokusu tkví (podobně jako v předcházejících pokusech) ve velmi dobrém těsnění všech spojů.
2. Místo „vina“ lze použít mléko, limonádu apod.
3. Místo průchodek (používají se např. k ochraně anténního svodu procházejícího blatníkem automobilu) lze použít krátké pryžové hadičky, které musí dobře utěsnit spojovací trubičku.

M 9 Pohyb karteziánského potápěče (problémová úloha)

Pomůcky

plastová láhev (1,5 l - 2 l), oční kapátka, malá kádinka s obarvenou vodou, fixy

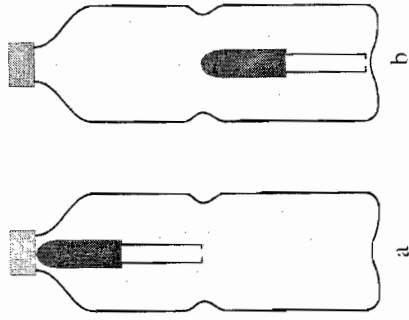
Příprava

Plastovou láhev zcela naplníme vodou. Pružnou část očního kapátka naobarvíme fixem, jehož barva se nerozpouští ve vodě (např. Lumocolor permanent) a není stejná, jako je obarvená voda v kádince. Potom do tohoto kapátka, které představuje karteziánského potápěče (tzv. karteziánka), nasajeme trochu obarvené vody. Vody v kapátku musí být tolik, aby ještě plavalo na hladině v láhvi (obr. 9a). To se musí experimentálně vyzkoušet. Láhev uzavřeme.

Provedení

Opatrně vezmeme láhev do obou rukou a nepozorovaně ji prsty zmáčkne. Karteziánek se potápí, klesá ke dnu (obr. 9b). Nepozorovaně uvolníme prsty a karteziánek vyplouvá k uzávěru. Střídavým stlačováním a povolováním se „potápěč“ střídavě potápí a vyplouvá. Vhodným stlačením se karteziánek ustálí např. uprostřed láhve, na náš příkaz vyplouvá vzhůru, klesá ke dnu apod.

Tím jsme vytvořili pro žáky problémovou situaci. Vyzveme je, aby vysvětlili příslušné chování potápěče.



Obr. 9

Vysvětlení

Stlačením láhve se zvětší tlaková síla působící na kapátko, proto do něho vniká voda (vodní sloupec v kapátku se zvětšuje, na to pak při vysvětlování děje soustředíme pozornost). Tíhová síla kapátka se zvětší, a proto výslednice vztlakové a tíhové síly míří dolů. Tímto směrem se kapátko pohybuje. Při zmenšení tlakové síly na obal láhve se vzduch v kapátku rozláhne, vytlačuje z něho část vody, kapátko je lehčí, výslednice vztlakové a tíhové síly míří vzhůru. Proto zase kapátko cestuje nahoru.

Poznámky

1. Karteziánkem byla nazvána lehká figurka se vzduchovou bublinou, která se vyznačovala jako tajemně se chovající hračka ve skleněné nádobě naplněné vodou a příkryté víkem. Ne vždycky je tato figurka k dispozici, proto ji kapátko velmi dobře nahradí.
2. Uspořádání pokusu lze pozměnit tak, že plastovou láhev s vodou a karteziánkem uzavřeme korkovou zátkou, kterou prochází skleněná nebo plastová trubička. Na její horní konec nasadíme pryžovou hadičku délky asi 1 m. Foukáme-li do hadičky, karteziánek se potápí, při sání vzduchu zase vyplouvá.
3. V některých návodech k tomuto pokusu se doporučuje vytvořit karteziánka z plastového krytu pera, ke kterému se přilepí malý kousek plastelíny. V tomto případě se musí najít vhodný kryt, jinak se pokus nedaří, kdežto s očním kapátkem nejsou problémy.
4. Pokud se karteziánek nechá v uzavřené láhvi s vodou delší dobu, může se stát, že klesne ke dnu. Pak zpravidla stačí otevřít láhev (vyrovnat tlaky), znovu uzavřít a pokus je připraven k dalšímu předvedení.

M 10 Model plic

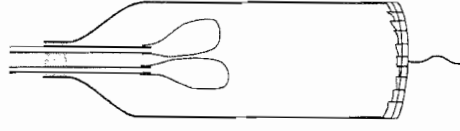
Pomůcky

větší plastová láhev, korková zátká, dvě brčka, dva poutové balónky, gumová plena, provázek, lepenka, plastelína, lepidlo, nůžky

Příprava

U velké plastové láhve odstráhneme dno. Do korkové zátky, kterou se dá láhev uzavřít, uděláme dva otvory pro prostření brček. Na jeden konec každého brčka připevníme poutový balónek. Láhev uzavřeme zátkou a do otvorů u vnitřku láhve prostříme brčka tak, aby balónky byly uvnitř láhve (asi uprostřed). Průchod brček dobře utěsníme, např. plastelínou.

Místo odříznutého dna vytvoříme pružné dno z gumové pleny (nebo podobného materiálu). Uprostřed pružného dna zvění nalepíme jeden konec asi 30 cm dlouhého provázku. Celkové uspořádání pokusu je na obr. 10.



Obr. 10

Provedení

Činnost bránice demonstrujeme tak, že střídavě zatáhneme za provázek a uvolníme ho, popř. prstem slačíme blánu dovnitř láhve. Vzduch se střídavě nasává do hrček (představují průdušnici) a balóneků (představují plic), které zvětšují nebo zmenšují svůj objem. Láhev bez dna modeluje hrudní koš.

Vysvětlení

Smížením dna (zvýšením bránice) se sníží tlak v hrudní dutině a vzduch začne proudit do plic. Zvýšením dna (snížením bránice) se vzduch z plic vytlačuje.

Poznámky

1. Pružné dno lze také vytvořit nasazením gumové rukavice. Pak stačí tahat za prsty. Lze také použít kondom.
2. Máme-li k dispozici trubičky tvaru Y, lze ji použít místo dvou brček.

M 11 Model ponorky

Pomůcky

plastová láhev (2 l), hřebík, pryžová hadice o průměru asi 7 mm a délky 1 m, plastelína, lepidlo na plast, kovové trubičky (nebo lišty, hřebíky) asi 20 cm dlouhé, gumičky, dětská vanička

Příprava

Nahrátou špičkou hřebíku uděláme do obalu láhve asi 10 otvorů v jedné přímce. Naproti těmto otvorům uděláme uprostřed obalu jeden větší otvor, do něhož nakrátko zasuneme jeden konec pryžové hadice. Tento otvor s hadicí dobře utěsníme plastelínou (popř. zalepíme), po vnějším obvodu hadice. Podél přímky s 10 otvory umístíme souměrně po obou stranách zálož. Mohou jí být kovové trubičky, listy, dlouhé hřebíky apod. Zatíž upevníme gumíčkami. Zatížení vyzkoušíme tak, že prázdná láhev by měla být ve vodě ponořena asi z jedné třetiny.

Provedení

Takto upravenou láhev naplníme vodou, uzavřeme ji a ponoříme do vanyčky s vodou. Pryžovou hadici držíme nad hladinou. Láhev (ponorka) je u dna vanyčky. Foukáním vzduchu do hadice postupně vytlačujeme vodu z láhve. „Ponorka“ se začne vynořovat z vody (obr. 11). Vysávání vzduchu ponorka klesá. Vhodným držetím hadice zabráníme případnému přetáčení láhve.



Obr. 11

Vysvětlení

Vytlačováním nebo nasáváním vody měníme tíhovou sílu, která působí na láhev s vodou. Tím se mění vztah mezi touto tíhovou silou a hydrostatickou vzlakovou silou působící na ponořenou část láhve.

M 12 Beztížný stav (varianta A)

Pomůcky

plastová láhev, zátká s otvorem, plastová trubička na jednom konci zúžená, obarvená voda, fotomiska, koš na odpaky, hadr

Příprava a provedení

Příprava a uspořádání pokusu je analogické pokusu M 5. Jen místo skleněné trubice volíme plastovou trubicí, která je rovněž nahoře zúžená. Toho dosáhneme např. tak, že ke konci trubice nalepíme konec obalu propisovačky apod.

Láhev postavíme na fotomisku a do trubice nafoukáme trochu vzduchu. Pak počkáme, až skončí malý vodotrysk (viz průběh pokusu M 5). V tomto okamžiku vezmeme láhev do rukou (nemačkáme obal) a vystoupíme s ní na židli, stůl, štafle či jiné zvýšené místo v místnosti. Pak necháme láhev

volně padat do koše na odpady, do kterého dáme noviny, hadr apod., aby dopad nebyl příliš prudký.

Během pádu žáci pozorují, že opět z láhve stříká voda. Pokus několikrát zopakujeme, aby se pozornost žáků soustředila na vznik fontány během pádu.

Vysvětlení

Na počátku pokusu, v okamžiku, kdy právě voda přestala stříkat (závěr pokusu M 5), je tlak vzduchu nad hladinou vody roven součtu hydrostatického tlaku vodního sloupce v trubici a atmosférického tlaku (kapilární tlak u ústí trysky zanedbáváme). Voda z láhve neuniká. Začne-li láhev padat, je tíha vodního sloupce rovna nule, v láhvi vznikne přetlak. Proto opět pozorujeme malou fontánu.

Poznámky

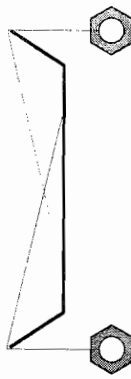
1. Z důvodu bezpečnosti a šetření materiálu používáme plastovou trubicí, zpravidla nepřehlednou. Proto je nutné před vlastním pokusem provést pokus M 5 a ukázat, že v trubici na konci pokusu zůstane voda.

2. Čím výše vystoupíme s láhví, tím je pokus efektivnější.

M 13 Beztížný stav (varianta B)

Pomůcky

plastová miska, dvě tenké gumičky, dvě větší šroubové matky, zatěžovací destička, molitanová podložka



Obr. 12

Příprava

Soupravu pro pokus uspořádáme podle obr. 12. Do plastové misky s oblym okrajem (např. od oříšků, pokrmového tuku apod.) připevníme k jejímu dnu konce dvou tenkých gumiček délky 6 cm až 10 cm (podle výšky a průměru použité misky). Na druhé konce přivažíme větší šroubové matky nebo kovové kroužky. Tyto matky pak přehodíme přes okraj misky. Hmotnosti zavěšených předmětů volíme tak, aby gumičky byly napnuté. Dno misky zatížíme nepříliš těžkou nerozbitnou destičkou.

Provedení

Se soupravou vystoupíme na židli nebo stůl a necháme ji padat na molitanovou podložku. Pozorujeme, že během letu předměty naskáčí do misky. Pokus několikrát zopakujeme.

Vysvětlení

Před pádem působí na gumičky tíhy (jejich složky) šroubových matek a vyvolávají v nich síly pružnosti. Jimi gumičky působí na matky. V rovnovážném stavu jsou tyto síly vykompenzovány, gumičky se dále neprodlužují ani nezkracují. (Pro jednoduchost neuvvažujeme třecí síly.) Jakmile začne souprava padat, jsou předměty ve stavu beztlíže, rovnováha je porušena a síly pružnosti je vtáhnou doisky.

M 14 Setrvačnost tělesa

Pomůcky

plastová láhev, pásek tuhého papíru, lepidlo, pravítko nebo tužka, mince, nůž

Příprava a provedení

Plastovou láhev (1,5 l) seřízneme vodorovným řezem tak, aby se zvětšilo hrdlo láhve (asi na průměr 3 cm). Na rozšířené hrdlo postavíme papírový prstенец o průměru 12 cm až 15 cm, který slepíme z tuhého papíru. Šířku prstenece volíme asi 2 cm. Přesně nad otvor láhve položíme na horní část prstenece minci, jak ukazuje obr. 13. Minci volíme takovou, aby se prstенец příliš nedeformoval.

Dovnitř prstenece zasuneme pravítko (nebo tužku) a prudce jím do prstenece udeříme ve vodorovném směru. Prstенец odletí do strany, mince spadne do láhve.

Vysvětlení

Třecí síla, kterou působí prstенец na minci v okamžiku úderu, je malá a působí po krátkou dobu. Proto se mince ve vodorovném směru téměř nepohne (má tendenci setrvávat v klidu). Když prstенец odletí, spadne mince působením tíhové síly do láhve.

Poznámky

1. Místo upravené plastové láhve lze použít láhev od mléka, sklenici od jogurtu apod.
2. Pokus lze také obměnit tak, že se zjišťuje, při jakém nejmenším otvoru se podaří ještě dostat minci (při daném jejím průměru) do láhve.

M 15 Rotace vařeného a syrového vajíčka

Pomůcky

vařené a syrové vajíčko, mělký talířek, čtyři gumičky, provázek, stojan s dvěma držáky

Příprava a provedení

Zkoumaná vajíčka popíšeme např. písmeny A a B. Pokus provedeme ve dvou krocích.

Nejprve na mělkém talíři (popř. na hladkém stole) roztočíme jedno a pak druhé vajíčko. Pozorujeme, že např. vajíčko A se otáčí znatelně rychleji a déle než vejce B. Dokonce se může stát, že vajíčko B se jen těžko roztočí, zato vajíčko A velmi rychle rotuje.

Ve druhém kroku navlečeme na každé vajíčko po dvou gumičkách „podél poledníků“ a zavěsíme je na stejné provázky. Vajíčka s provázky zkroutíme stejným počtem otáček a uvolníme je. Pozorujeme, že vajíčko A se vrátí do původní polohy, setrvačností zkroutí provázek na druhou stranu, zpět se roztočí atd. To se opakuje několikrát, než se pohyb utlumí. Vajíčko B se otočí 1 až 2 krát a zastaví se.

Vysvětlení

Vajíčko A je uvařené, vajíčko B syrové. Uvařené vajíčko se otáčí jako jednolitý celek (skořápka, bílek, žloutek), kdežto v syrovém vajíčku se bílek a žloutek neotáčejí spolu se skořápkou, protože s ní nejsou spojené a navíc jsou tekuté. Proto brzdí pohyb tvrdé skořápky.

Poznámky

1. Pokus lze formulovat jako problémovou úlohu – jak se pozná vařené vajíčko od syrového, aniž bychom vajíčka porušili.
2. Podaří-li se nám po jistém úsilí roztočit syrové vajíčko, tj. podaří se uvést do rotace i tekutý vnitřek, stiskneme ho na malou chvilku mezi prsty a ihned uvolníme. Zjistíme, že se vajíčko otáčí dál. Tím, že jsme podrželi skořápku, tekutá látka se točila dále, a když jsme zase skořápku pustili, dala se vítěm třecí síly do rotace.

M 16 Zákon zachování mechanické energie

Pomůcky

velká plastová láhev, pevný provázek

Příprava

Z velké plastové láhve naplněné vodou a dobře uzavřené vytvoříme fyzické kyvadlo. Volný konec provázku upevníme ke stropu před tabulí. Délku závěsu volíme tak, aby střed láhve byl ve výši očí stojícího experimentátora, když je láhev vychýlena asi o 2 m z rovnovážné polohy.

Provedení

Láhev vychýlíme ze svislého směru, přitiskneme si ji k čelu, zaujmeme pevný rozkročený postoj a láhev uvolníme. Aniž bychom měnili polohu kterékoliv části našeho těla, předešlým hlavou, očekáváme návrat láhve k obličejí. Vracející se láhev nám neublíží.

Vysvětlení

Chování láhve vyplývá ze zákona zachování mechanické energie.

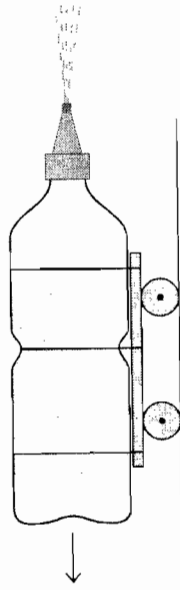
M 17 Model reaktivního motoru (varianta A)

Pomůcky

plastová láhev (2 l), uzávěr s autoventilkem, čepička k ventilku, hustilka, lehký dětský vozík (hračka), gumičky

Příprava

Plastovou láhev dobře uzavřeme uzávěrem, ve kterém je zabudován autoventilek. Pomocí hustilky nahustíme láhev vzduchem na tlak asi 0,4 MPa. Láhev upevníme gumičkami na lehce pohyblivý dětský vozík, obr. 14.



Obr. 14

Provedení

Vozík s upevněnou láhví položíme na volnou podlahu a čepičkou uvolníme rychle ventilek. Vozík se rozjede opačným směrem, než je směr unikajícího vzduchu z láhve. Pokus několikrát opakujeme.

Vysvětlení

Vyplývá ze zákona zachování hybnosti.

Poznámky

1. Uzávěr s autoventilkem získáme tak, že koupíme autoventilek k bezdušové pneumatice, v uzávěru plastické láhve uděláme otvor a do něj autoventilek zabudujeme.

2. Vhodný je vozík, u něhož lze trochu stočit přední kolečka. Pak nepořebujeme velkou plochu k pohybu vozíku. Lze také měnit hmotnost vozíku (při stálém tlaku vzduchu v láhvi) přidáváním záteže na vozík nebo změnou vozíků různé hmotnosti. V každém případě musíme vyzkoušet vozík, je-li dobře pohyblivý.

M 18 Model reaktivního motoru (varianta B)

Pomůcky

plastová láhev (2 l), poutový balónek, lehký dětský vozík (hračka), zátka s otvorem, brčko, kolík na prádlo, gumičky

Příprava

Do plastové láhve vsuneme balónek a přetáhneme ho přes okraj hrdla láhve. Láhev uzavřeme zátkou, kterou prochází brčko. Brčkem balónek nafoukneme a kolíkem brčko stiskneme. Takto upravenou láhev upevníme gumičkami na lehký, dobře pohyblivý vozík.

Provedení

Soupravu položíme na volnou podlahu a uvolíme kolík. Vozík se rychle rozjede směrem, který je opačný ke směru proudícího vzduchu z láhve.

Vysvětlení

Vyplývá ze zákona zachování hybnosti.

Poznámky

Pokus může předcházet jednodušší provedení, při kterém nafoukneme balónek, přidržíme rukou a pak ho pustíme.

M 19 Rovnovážná poloha stálá

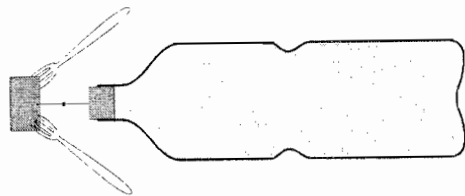
Pomůcky

plastová láhev, dvě korkové zátky, dva špendlíky (nebo hřebíky), dvě vidličky

Příprava a provedení

Plastovou láhev naplníme vodou a uzavřeme korkovou zátkou. Doprospědíme zátky zatlačíme do hloubky asi 1 cm špendlík hlavičkou vzhůru. Do druhé zátky vpravíme také špendlík, ale špičkou vzhůru. Do této druhé zátky pak

zapíchneme symetricky dvě vidličky se sklonem ke špičce špendlíku. Tuto sestavu umístíme na hlavičku špendlíku v záce láhve. Sestava zaujme polohu, jak ukazuje obr. 15. Zátka s vidličkami můžeme také opatrně rozložit. Pokus lze obměnit tak, že do zátky zapíchneme tři vidličky.



Obr. 15

Vysvětlení

Těžšíše soustavy leží pod dotýkajícími se hroty, vektorová přímka tíhové síly působící v těžišti prochází místem styku hrotů.

Poznámky

1. Místo korkové zátky, do které zapíchneme vidličky, můžeme použít plastelinu nebo menší syrový brambor. V tomto případě nahradíme špendlík tužkou s ostrým hrotem.
2. Plošky styku pevné a volné části sestavy můžeme volit různě veliké a podle toho zúžit umístění jedné části na druhou.

M 20 Rovnovážná poloha vratka

Pomůcky

dvě až tři syrová vajíčka, utěrka

Příprava

Na desku stolu položíme utěrku, mezi prsty obou rukou uchopíme vajíčko, postavíme ho špičkou na utěrku a držíme nějakou dobu, aby se ustálil pohyb vnitřku vajíčka. Pak se pokoušíme jemně naklánět do stran vajíčko tak, aby samo stálo na špičce. Při troše úsilí i nacvičování se to podaří. Budeme současně vnímat krásný pocit uvolnění prstů a nepadajícího vajíčka. Podobně „nasázíme“ na utěrku další vajíčka.

Nepatrný dotek změní tuto rovnovážnou vřátkou polohu na polohu stálou.

Po získání zkušeností s postavením vajíčka špičkou na utěrku si můžeme zúžit úkol tím, že volíme hladší plochu.

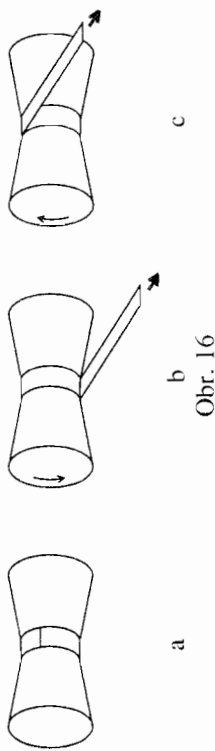
M 21 Vodorovný vrh rotujícího tělesa

Pomůcky

dva plastové nebo papírové kelímky, lepicí páska, stuha asi 1 m dlouhá a 5 cm široká

Příprava

Kelímky dáme dny k sobě a slepíme je lepicí páskou, jak ukazuje obr. 16a. Na střední část takto vzniklého tělesa namotáme stuhu.



Obr. 16

Provedení

Těleso dáme na hladkou desku stolu tak, abychom měli k dispozici asi 1 m dlouhou trajektorii ještě na stole. Pak těleso odstartujeme rychlým vodorovným tahem za stuhu podél desky stolu. Pozorujeme, že let spojených kelímků po opuštění desky stolu se liší podle toho, jak byla stuha namotána.

V případě zobrazeném na obr. 16b letí těleso po opuštění stolu zpočátku téměř vodorovně, při opačném navinutí stuhu, obr. 16c, prudce klesá k podlaze.

Vysvětlení

V případě zobrazeném na obr. 16b nadnáší těleso síla, která vznikla strháváním vzduchu rotujícím tělesem nahore dozadu (větší rychlost, menší tlak) a dole naopak brzděním vzduchu (menší rychlost, větší tlak). Pokus potvrzuje, že v rychleji proudícím vzduchu je nižší tlak.

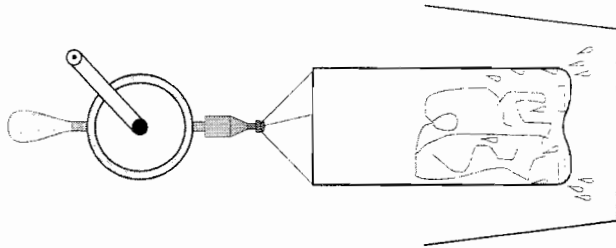
M 22 Model ždímačky

Pomůcky

plastová láhev (2 l), provázek, malý kovový kroužek, ruční vrtačka, nůžky, šroub s matkou, kbelík, hadr

Příprava

Pokus uspořádáme podle obr. 17. Ustřížnou láhev upravíme tak, aby se s ní dalo otáčet pomocí ruční vrtačky. Např. kovový kroužek, k němuž se sbíhají provázky, navlečeme na šroub,



Obr. 17

zajistíme malkou a upevníme do vrtačky. Ve spodní části láhve (v ohybu) vysřídíme ve třech místech od sebe stejně vzdálených podélné otvory délky asi 2 cm.

Provedení

Do láhve dáme mokry hadr a začneme jí otáčet nad kbelíkem. Pozorujeme, že voda stéká po vnitřku stěny do otvorů u dna a z nich do kbelíku.

Vysvětlení

Vlivem setrvačné odstředivé síly se voda hromadí u stěny nádoby, vzrůstá její hmotnost, a tím i její tíhová síla. Svislá složka výslednice těchto sil způsobuje odtékání vody do otvorů.

Poznámka

Otáčivý buben některých typů odstředivek má otvory v plášti. Proto je vhodné modifikovat pokus tak, že u jiné láhve uděláme otvory v jejím obalu.

M 23 Archimédův zákon pro plyny

Pomůcky

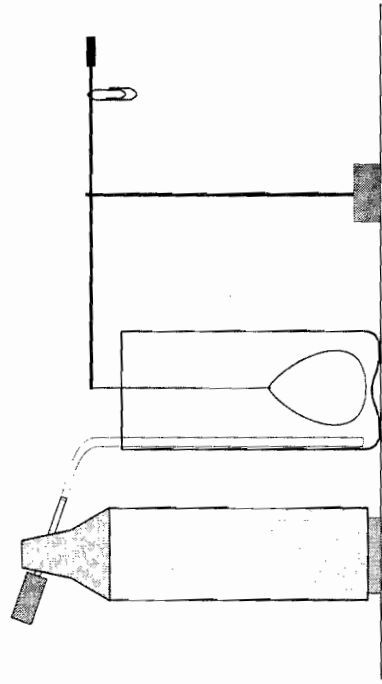
velká plastová láhev, poutový balónek, dřevěná tenká latka, stativ s držákem, sífonová láhev, bombička s CO_2 , malé závaží, kancelářská sponka, nůžky, pryžová hadice (1 m), hřebík, nit

Příprava a provedení

Pokus uspořádáme podle obr. 18. Z tenké dřevěné latky dlouhé asi 50 cm až 60 cm vytvoříme vahadlo. Otáčet se může např. kolem hřebíku, který upevníme do držáku stativu. Na jeden konec vahadla upevníme na nit nafouknutý balónek. Průměr balóнку musí být o 3 cm až 4 cm menší, než je průměr použité plastové láhve. Balónek vyvážíme hrubě pomocí závaží, jenně posouvaním kancelářské sponky.

Velkou (šírokou) plastovou láhev sesřídíme asi ve $3/4$ její výšky. Do taktu upravíme láhev opatrně vsuneme balónek, jak ukazuje obrázek. Balónek musí viset těsně nad dnem, ale nesmí se ho dotýkat (ani stěny). Na sífonovou láhev naplněnou pouze CO_2 nasadíme pryžovou hadici. Její druhý konec opatrně vsuneme do láhve podél stěny až téměř ke dnu. Překontrolujeme, zda je vahadlo ve vodorovné poloze.

Láhev pozvolna naplníme CO_2 . Pozorujeme, že balónek „vyplave“ zřetelně nahoru, původní rovnováha se poruší.



Obr. 18

Vysvětlení

Hustota plynu v láhvi se zvětšila, protože oxid uhličitý má větší hustotu než vzduch, který byl z láhve vytlačen. Těto změně hustoty odpovídá zvětšení vztlakové síly působící na balónek. Proto se poruší rovnováha.

Poznámka

Pro zdáný průběh pokusu je rozhodující lehké vahadlo, vhodné nafouknutí balóнку (aby se nedotýkal vnitřku obalu) a také opatrné napouštění oxidu uhličitého (aby proud tohoto plynu nesrazil balónek ke dnu nádoby).

M 24 Platí Archimédův zákon? (problémová úloha)

Pomůcky

dvě korkové zátky, svíčka, zápalky, nůž, kapesní zrcátko, větší skleněná nádoba (akvárium)

Příprava

Ze spodního konce svíčky odřízneme dva přibližně stejné válcečky asi 1,5 cm vysoké. Svíčku zapálíme a nad jejím plamenem nahřejeme u každého válcečku jednu podstavu a pak válcečky přilepíme ke korkové zátku. U taktu vzniklých špalíček nahřejeme druhou podstavu a touto podstavou přitiskneme špalíčky na zrcátko. Po ztuhnutí vosku špalíčky od zrcátka odtrhneme. Přitom dbáme, abychom neporušili vzniklé hladké plochy. Při nezdaru přípravy špalíček postup opakujeme.

Do nádobky nalijeme vodu do výšky, která je větší, než je výška vyrobených špalíček. Na dno nádobky položíme zrcátko, abychom měli k dispozici hladkou plochu. (Pokud máme rovné hladké dno, není tento krok nutný.)

Provedení (navození problémové situace)

Do každé ruky uchopíme jeden špalíček a postavíme je hladkými plochami na zrcátko, přičemž na jeden špalíček výrazně (ale nenápadně) přitlačíme. Když oddálíme ruce od špalíčků, jeden vyplave na hladinu, druhý drží u dna.

Pokus opakujeme, ale přitlačujeme druhý špalíček. Přitlačovaný špalíček drží u dna, druhý plave na hladině.

Tím jsme vytvořili problémovou situaci, na kterou navážeme problémovou otázku: „Archimédův zákon platí střídavě pro ponořená tělesa?“ Necháme žáky, aby navrhovali hypotézy pro vysvětlení pozorovaného jevu a ověřili je.

Vysvětlení

U dna zůstane držet vždy ten špalíček, který jsme dobře přitlačili na zrcátko. Tím jsme totiž dosáhli toho, že okolní voda pod tento špalíček nevnikla, a nemohla tudíž na něj působit hydrostatickou tlakovou silou. Na špalíček působí pouze tlakové síly na horní a boční části. Na boční části se síly ruší, tlaková síla na horní část přitlačí špalíček k zrcátku. Síly přilnavosti jsou velmi malé.

Poznámka

Protože přitlačení není dokonalé, po krátké chvíli vskočí na povrch vody i druhý špalíček.

M 25 Hustota látek

Pomůcky

plastová láhev (1,5 l), med, pokrmový olej, malé předměty z látek různé hustoty

Příprava a provedení

U plastové láhve seřizujeme její zúženou část. Do takto upravené láhve nalijeme do výšky asi 3 cm med, potom vodu výšky asi 4 cm a nakonec pokrmový tuk používaný např. na smažení nebo saláty (také o výšce asi 4 cm).

Do této soustavy tři nemísících se kapalin postupně vhadzujeme různé, ne příliš velké předměty. Např. korkovou zátku, kostku od lega, šroubovou maticku nebo jiný kovový předmět, kousek křídý, kostičku čerstvé mrkve, kousek bramboru, obdélníček čokolády apod. Vhozené předměty zaujmou v kapalinách různou polohu podle toho, jaká je hustota látek, z nichž jsou vytvořeny. Tak např. korek plave na oleji, mrkev se v něm vznáší, kostka z plastu se ponoří do oleje, ale plave na vodě, křída se chvíli vznáší ve vodě, ale pak klesne na hladinu medu a na ní plave, šroubová maticka klesne ke dnu atd.

Vysvětlení

Tělesa zaujmou polohy v láhvi s kapalinami podle toho, jaké jsou hustoty látek, ze kterých se skládají, ve srovnání s hustotami kapalin.

Poznámky

1. Je také možné vhadzovat jednotlivé předměty upevněné na niti. To je vhodné chceme-li pokus opakovat v jiné třídě a šetříme med a olej.

2. Je zajímavé delší dobu pozorovat chování kousku křídý nebo čokolády.

M 26 Šíření vírů ve vzduchu

Pomůcky

plastová láhev (0,5 l - 1 l), balónek, svíčka, zápalky, nůžky, pevná nit

Příprava a provedení

U plastové láhve ustříháme dno a nahradíme ho vzducholépně pružnou blánou, např. z poutového balónku. Dá se použít také kondom nebo celofán. Před hrdlo láhve, kterou držíme vodorovně, umístíme do vzdálenosti asi 0,5 m hořící svíčku. Plamen musí být tak vysoko jako hrdlo láhve.

Jestliže bychme udeříme do pružného dna, projeví se to značným vychýlením plamene, popř. plamen zhasne. Pokus několikrát opakujeme.

Vysvětlení

Proud vzduchu vypuzovaný úderem do pružného dna se u hrdla láhve zabrzdí, což je podnětem k vytvoření vírových prstenců. Prstence se pohybuji velkou rychlostí ve směru kolmém na svou rovinu. Nárazem prstenců se plamen svíčky značně vychýlí, popř. zhasne.

Poznámky

1. Prstence lze zviditelnit, naplníme-li láhev cigaretovým kouřem, dýmem z „františka“ apod.

2. Místo svíčky můžeme dát proti otvoru láhve papírový váleček.

MOLEKULOVÁ FYZIKA A TERMIKA

T 1 Vzájemné působení částic

Pomůcky

olověná trubka délky asi 10 cm, miska na závaží, sada závaží, stativ s držákem, pilka na železo, pilník, měděný drát, fotomiska, molitan

Příprava a provedení

Na obou koncích olověné trubky uděláme dva otvory proti sobě a jimi provlečeme drát, ze kterého uděláme na každém konci závěs.

Trubku přerážeme rovným řezem na dvě přibližně stejné části. Pokud řez není rovný, zarovnáme plochy pilníkem. Obě části k sobě přitiskneme a přitom je trochu pootočíme. Zjistíme, že části drží při sobě.

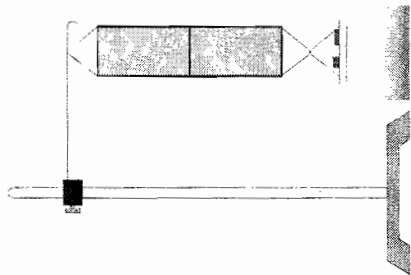
Zavěšíme takto znovu spojenou trubku na stojan a na dolní závěs dáme misku. Pod ni umístíme fotomisku s molitanem, obr. 19. Do misky postupně přidáváme závaží, popř. kovové válečky apod. Ukážeme, že musíme dát na misku dosti velký počet závaží, než se spodní díl trubky utrhne.

Vysvětlení

Na čerstvém řezu se nám většími tlakovými silami rukou podaří dostat obrovský počet atomů Pb tak blízko k sobě, že mezi nimi působí značné přitažlivé (soudržné) síly. Dosáhne-li tíhová síla zavěšených závaží a misky větší hodnoty, než je součet těchto přitažlivých sil mezi částicemi, pak se částice v rovinách řezu od sebe oddělí, soudržnost je porušena.

Poznámka

Pro opakování pokusu (v hodině, v další třídě, příští rok) můžeme znovu použít obě části trubky, ale místa původního řezu musíme dobře obrousit pilníkem, abychom odstranili zoxidovanou vrstvičku. Dbáme na to, aby obroušená plocha byla rovná. To je záruka, že se pokus zdaří.



Obr. 19

T 2 Osmóza

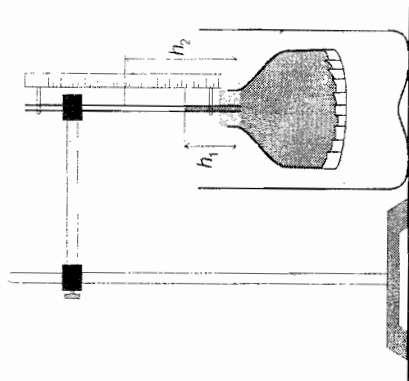
Pomůcky

plastová láhev (0,25 l - 0,3 l), blána z močového měchýře zvířete, popř. pergamenový papír, zátku s otvorem, skleněná nebo průhledná plastová trubička délky 30 cm, stojan s držákem, gumičky, nit, vodný roztok modré skalice, větší nádoba s vodou, nůžky

Příprava a provedení

Dno menší plastové láhve odstříháme a místo něho dáme blánu z močového měchýře zvířete. Je také možné použít pergamenový papír. Blánu dobře natní (několikrát omotáním), popř. gumičkami upevníme na obal láhve. Při tom dbáme, abychom láhev nezdeformovali. Proto se k pokusu hodí plastová láhev s pevnějším obalem. Obal je možno zpevnit nanesením vrstvy lepidla.

Takto upravenou láhev naplníme vodným roztokem modré skalice (asi 10%) a uzavřeme ji zátkou, kterou prochází tenká dlouhá trubička. Uzavření provedeme tak, aby pod zátkou nebyly bubliny vzduchu a roztok vystoupil nad zátku. Soupravu upevníme do stojanu a ponoříme do nádoby s vodou. Celkové uspořádání pokusu ukazuje obr. 20.



Obr. 20

Pomocí gumičky vyznačíme počáteční výšku h_1 hladiny roztoku v trubičce. Přibližně v pětiminutových intervalech zaznamenáváme polohu této hladiny v trubičce. Zjistíme, že hladina pomalu stoupá a po určité době se ustálí ve výšce h_2 . Modré zbarvení vody v nádobě nepozorujeme.

Vysvětlení

Jev se nazývá osmóza. Na počátku proniká větší počet neuspořádaně se pohybujících molekul vody z nádoby do roztoku než obráceně z roztoku do vody. Proto hladina roztoku v trubičce stoupá, až vystoupí do výšky h_2 nad hladinu vody v nádobě. Po určité době nastane rovnovážný stav, kdy za stejný časový interval proniká stejný počet molekul vody z nádoby blánu do roztoku jako obráceným směrem. Blána ale nepropustí molekuly CuSO_4 .

Hydrostatický tlak roztoku odpovídající výšce $h_2 - h_1$ se nazývá osmotický tlak.

Poznámka

Pokus lze obměnit tak, že místo blány z močového měchýře zvířete nebo pergamenového papíru použijeme celofán a do plastové láhve dáme obarvený vodný roztok sacharinu. Celofán velké makromolekuly $C_{12}H_{22}O_{11}$ nepropustí. Koncentraci volíme asi 1 g sacharinu na 0,8 l vody.

T 3 Tepelná vodivost kovů (ochlazování plamene svíčky)

Pomůcky

spirála z měděného drátu, kleště, svíčka, zápalky, plynový hořák

Příprava a provedení

Pokus provedeme ve dvou krocích:

a) Zapálíme svíčku a do kleští vezmeme prodloužený konec měděné spirály. Průměr spirály volíme 1 cm až 1,5 cm. Obklopíme-li plamen svíčky spirálou, obr. 21, jas plamene výrazně poklesne, popř. svíčka zhasne.

b) Plamen svíčky obklopíme spirálou, kterou jsme opatrně vyhráli v plameni plynového hořáku. Tentokrát plamen svíčky zřetelně vidíme, svíčka nezhasne.

Vysvětlení

V prvním případě má spirála značně menší teplotu než plamen svíčky. Proto mu spirála odnímá energii. Tím se teplota plamene zmenšuje, popř. poklesne pod zápalnou teplotu vosku. Knot začne chladnout, čoudí, popř. svíčka zhasne.

V druhém případě má spirála větší teplotu, než je teplota plamene svíčky. Tepelná výměna probíhá opačným směrem než v prvním případě, svíčka nerušeně hoří dál.

T 4 Pohlcování tepelného záření

Pomůcky

dvě plastové láhve (1,5 l), dvě korkové zátky, dvě trubičky (20 cm dlouhé), svíčka, zápalky, pryžová hadice, prkýnko (80 cm x 10 cm x 2 cm), dvě podpěry, potravinářská barva, kádinka s vodou

Příprava

Pokus uspořádáme podle obr. 22. Do prkýnka z měkkého dřeva vyvrtáme dva otvory o průměru rovném průměru hrdla použitých plastových láhví a ve vzdálenosti asi 25 cm od sebe. Do těchto otvorů láhve zasadíme („zavrtáme“) až po rozšířenou část hrdla. Jednu láhev začerníme (např. jí naslíkáme rychleschnoucí černou sprejovou barvou). Prkýnko s láhvemi postavíme na podpěry mezi dvěma stoly, aby pod otvory byl volný prostor.

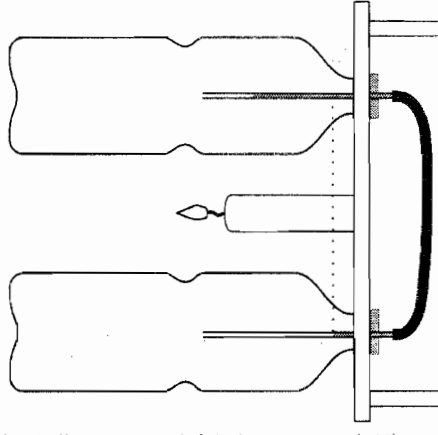
Do každé zátky uděláme otvor, kterým prostrčíme trubičku (skleněnou nebo plastovou) asi 20 cm dlouhou. Konce trubiček, které budou vně láhví, spojíme pryžovou hadicí. Do trubiček a spojovací hadice nalijeme obarvenou vodu. Takto naplněnou soupravu opatrně zasuneme do lahví a utěsníme. Doprostřed mezi láhvě postavíme svíčku.

Provedení

Svíčku zapálíme. Po chvíli pozorujeme pohyb vody ve spojovací hadici. Voda je z černé láhve vytlačována do průhledné láhve.

Vysvětlení

Černě nařízná láhev pohlcuje podstatně více tepelného záření než druhá láhev, která spíše toto záření odráží. V černé láhvi se zvětší teplota, a tím i tlak vzduchu. Tlaková síla vytlačuje vodu do průhledné láhve.



Obr. 22

Poznámka

Chceme-li mít v láhvích více vody, zasuneme jednu zátku s trubičkou a spojovací hadicí do jedné láhve, druhou trubičku zvedneme do větší výšky, než je trubička v láhvi, a pomocí pipety, malé nálevky, injekční stříkačky apod. naplníme soupravu vodou. Pak hadici stiskneme a zátku zasuneme do druhé láhve.

T 5 Heronova sluneční fontána

Pomůcky

plastová láhev (2 l), zátká s otvorem, skleněná (plastová) trubice na jednom konci zúžená, fotomiska, 2-3 kopírovací černé papíry, zdroj infračerveného záření (teplomel)

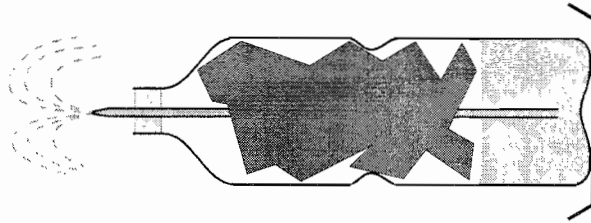
Příprava a provedení

Pokus uspořádáme podle obr. 23. Provedení je analogické pokusu M 5. Rozdíl je v tom, že do plastové láhve před jejím uzavřením dáme 2 až 3 černé kopírovací papíry. Láhev na fotomisce postavíme ke zdroji infračerveného záření (teplotometru) na vzdálenost asi 40 cm až 50 cm.

Zapneme zdroj záření. Po krátké chvíli začne z trysky trubice vystřikovat voda. Vytvoří se vodní fontánka.

Vysvětlení

Před zapnutím zdroje je tlak vzduchu v láhvi roven atmosférickému tlaku. Ozářením láhve dochází k tepelné výměně zářením mezi zdrojem a láhví s náplní. Část záření se odráží, část prochází láhví a zbytek záření je soustavou pohlcován. Nejvíce záření pohltí kopírovací papír. Zvětší svoji teplotu, tím se zvětší i teplota vzduchu v láhvi. To má za následek vzrůst jeho tlaku. Tlaková síla vzduchu působí na vodu a vytlačuje ji trubicí z láhve. V zúženém místě vznikne vodotrysk.



Obr. 23

Poznámka

Chceme-li ukázat, že bílý papír pohlcuje za stejnou dobu méně energie než tmavý papír, je dobré pokus provést současně s dvěma láhvemi. Do jedné dáme bílý papír, do druhé černý kopírovací papír.

T 6 Proudění kapalin (vodní sopka)

Pomůcky

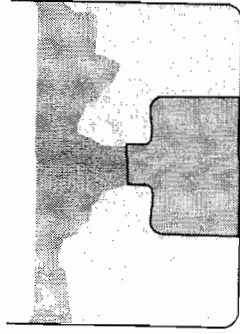
větší skleněná nádoba, kádinka s horkou vodou, malá lahvička s uzávěrem, potravinářská barva

Příprava

Skleněnou nádobu naplníme asi do 3/4 její výšky studenou vodou. Malou lahvičku (např. od léků) naplníme horkou vodou a přidáme do ní potravinářskou barvu. Zašroubujeme uzávěr a dobře lahvičku protřepeme. Pak ji položíme na dno nádoby.

Provedení

Odšroubujeme uzávěr lahvičky. Vznikne jakýsi „sopčný výbuch“ pod vodou. Pozorujeme, že obarvená horká voda proudí vzhůru k hladině a vytváří na povrchu studené vody barevnou vrstvu, obr. 24. Po delší době se obarvená voda postupně promíchá s nezbarvenou studenou vodou.



Obr. 24

Vysvětlení

V soustavě probíhá několik dějů. V tíhovém poli chladnější voda (která má větší hustotu než voda teplejší) klesá dolů a vytlačuje teplejší vodu vzhůru. Tento přenos vnitřní energie prouděním je doprovázen vedením tepla v důsledku různých teplot v různých vrstvách vody. Molekuly ve vrstvách s vyšší teplotou mají vyšší střední kinetickou energii a proto se mohou pohybovat, přecházejí i do chladnějších vrstev a tam předávají část své energie molekulám, které mají v průměru nižší energii. Voda tedy slouží jako pohyblivé prostředí, které přenáší vnitřní energii z teplejších míst kapaliny do chladnějších. Probíhá rovněž difúze mezi částicemi barviva a molekulami vody.

Poznámka

Uvedený pokus může také posloužit jako model podmořských gejzírů. Na dně oceánu vyřezají z úhlín proudy horké vody a pohybují se vzhůru. Energie těchto horkých pramenů podzemní vody (tzv. geotermální energie) se dá využít např. k vytápění tepelným čerpadlem.

T 7 Proudění kapalin v tíhovém poli

Pomůcky

dvě skleničky s rovnými okraji, tenká kovová destička, víno, fotomiska

Příprava a provedení

Jednu skleničku naplníme až po okraj červeným vínem, druhou vodou. Skleničku s vínem postavíme na fotomisku, na skleničku s vodou položíme tenkou kovovou destičku (popř. z plastu nebo jiného materiálu, který se

T 9 Teplotní roztažnost pryžového vlákna

Pomůcky

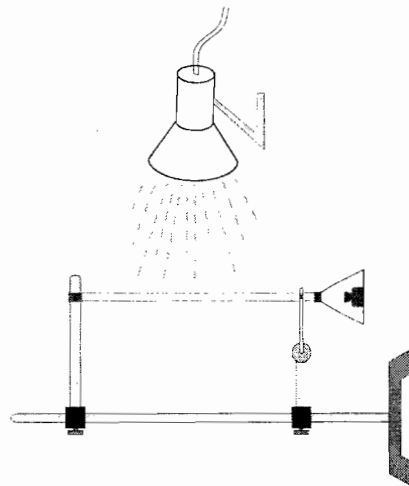
pryžové vlákno (asi 1 m), stojan s držákem, závaží, ukazovatel, tepelný zářič

Příprava

Pryžové vlákno (např. čtyřhranná guma o hraně 3 mm až 4 mm) upevníme na jednom konci do držáku stojanu. Druhý konec zatížíme závažím tak, aby se vlákno prodloužilo o 7 cm až 10 cm. K tomuto konci připevníme ve vodorovném směru ukazovatel, který se může otáčet kolem osy kolmé na rovinu vlákna a ukazovatele. Uspořádání pokusu ukazuje obr. 25.

Provedení

Vlákno deformované tahem začneme zahřívat, např. opatrným přiblížením topné spirály zapnutého tepelného zářiče. Pozorujeme, že s rostoucí teplotou se vlákno zkracuje! Tedy nastává opačný jev, než jsme zvyklí pozorovat např. u drátu, kovové tyče apod.



Obr. 25

Vysvětlení

Při deformaci tahem dochází ve struktuře pryžového vlákna (polymeru) k tomu, že původně nahodilě řetězec makromolekul (klubka) se narovná – uspořádaněji se seskupují. Vlákno se při dané tahové síle prodlouží o určitou délku (analogie s deformací pružiny). Zvětší-li se teplota namáhaného pryžového vlákna, pak velikost síly potřebné k jeho deformaci se musí zvětšit, aby se dosáhlo stejného prodloužení. Necháme-li však deformující sílu stejnou (naš případ), vlákno se zkracuje, protože polymerní řetězce se svinují.

Poznámky

1. Místo tepelného zářiče můžeme použít i fén.
2. Uvedený příklad teplotní délkové roztažnosti je ukázkou, že často formálně používané rčení „s rostoucí teplotou se tělesa roztahují“ neplatí obecně.

neprověřit). Skleničku s vodou a destičkou opatrně otočíme dnem vzhůru a postavíme ji na skleničku s vínem tak, aby se okraje skleniček kryly.

Potom velmi opatrně povytáhneme destičku mezi skleničkami tak, abychom vytvořili mezi oběma skleničkami mezeru šířky 2 mm až 3 mm. Pozorujeme, že víno začíná vystupovat tenkými proudovými vlákny do horní skleničky a voda naopak klesá do dolní skleničky.

Po určité době, která závisí na vnitřním objemu skleniček a na šířce otvoru, si obě kapaliny vymění místa, jak dokazuje odlišnost zabarvení. Víno je v horní skleničce, voda v dolní.

Vysvětlení

Dochází k proudění kapalin v tíhovém poli. Víno o menší hustotě, než je hustota vody, je vytlačováno do horní skleničky. Malý otvor v rozhraní mezi oběma kapalinami neumožňuje, aby se obě kapaliny smíchaly.

Poznámky

1. Dřížze částečně nastane, ale při malinké mezeře není tento děj rozhodující. Je vhodné použít chladné kapaliny.
2. Pokud je možno zadat jako problémovou úlohu.

T 8 Změna teploty vzduchu při adiabatickém ději

Pomůcky

plastová láhev (2 l), uzávěr s autoventilkem, čepička k ventilkou, hustilka

Příprava a provedení

Plastovou láhev uzavřeme uzávěrem, do kterého umístíme autoventilek. Provedeme to tak, že v uzávěru provrtáme otvor s průměrem o něco menším, než je průměr žlábků v autoventilkou. Z vnitřní strany uzávěru autoventilek otvorem protláčíme tak, aby žlábek zapadl do otvoru. To postačí k tomu, aby spojení bylo těsné. Potom hustilkou doplníme láhev vzduchem tak, aby jeho tlak byl asi 0,4 MPa. Dotykem rukou zjistíme, že se při této adiabatické kompresi teplota láhve zvýšila. Chvilí počkáme, až se teplota láhve vyrovná s teplotou v okolí.

Jestliže pak rychle vypustíme z láhve vzduch, láhev se při této adiabatické expanzi výrazně ochladí.

Vysvětlení

Při adiabatické kompresi vzduchu v láhvi se působením vnější síly koná práce. Vnitřní energie, a tím i teplota vzduchu se zvětšuje. Při adiabatické expanzi koná vzduch práci, jeho vnitřní energie i teplota se zmenšují.

T 10 Změna povrchového napětí (lodička na mýdlový pohon)

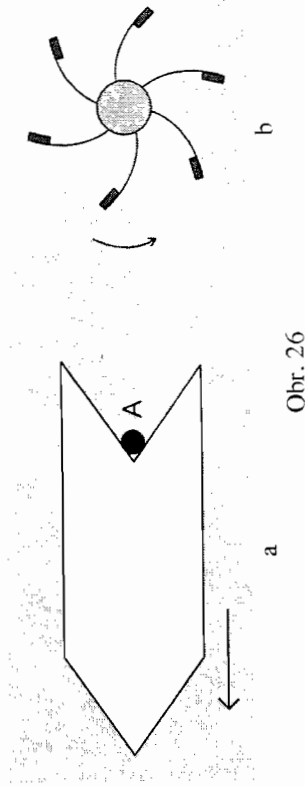
Pomůcky

vanička (nebo větší umyvadlo), model lodičky z polystyrenu, plastová vrtulka, jádrové mýdlo, nůž

Příprava

Z desky polystyrenu (tloušťky asi 1 cm) vyřízneme malou lodičku tvaru podle obr. 26a. Do místa A přimáčkeme kousek jádrového mýdla. Podobně dáme kousek mýdla na konce lehké plastové vrtulky, jak ukazuje obr. 26b. Vrtulku získáme např. vyříznutím horní části tzv. aritelky (odměrky), která se naplňuje pracím práškem a dává se spolu s prádlem do automatické pračky.

Do čistě dětské vany nebo velkého umyvadla nalijeme vodu.



Obr. 26

Provedení

Pokus provedeme ve dvou krocích. Nejdříve na vodu položíme lodičku. Pozorujeme, že se lodička pohybuje dopředu. Potom vodu vyměníme a na její klidnou (!) hladinu položíme vrtulku. Ta se roztočí.

Vysvětlení

V místě, kde se nachází mýdlo, dochází ke zmenšení povrchového napětí vody. Proto výslednice povrchových sil působících po obvodu lodičky míří ve směru vyznačeném šipkou na obr. 26a. Podobně je tomu v případě vrtulky.

Poznámky

1. Je-li místo mýdla k dispozici kafr, je pokus průkaznější.
2. Vrtulku je vhodné přilepit na kousek korku kruhového tvaru výšky asi 4 mm.
3. Pokus s lodičkou můžeme upravit tak, že do jejího výřezu nedáme mýdlo, ale za lodičkou se jemně dotkneme vody prstem smočeným např. v saponátu. Lodička prudce odstartuje.

T 11 Kapilární tlak

Pomůcky

plastové brčko, spojovací trubička, mýdlový (saponátový roztok), miska, lepidlo

Příprava

Plastové brčko rozpůlíme. Do jedné části brčka nasuneme, popř. vlepíme asi 4 cm dlouhou spojovací trubičku tak, aby polovina vyčnívala. Takto upravená brčka budeme při vlastním pokusu spojovat.

Provedení

Na konci jednoho brčka vyfoukneme mydlinovou bublinu o průměru asi 2 cm, na konci druhého brčka bublinu o průměru větším. Obě bubliny propojíme. Pozorujeme, že začne růst bublina s větším průměrem, menší se zmenšuje, až zanikne. To znamená, že na počátku děje je větší kapilární tlak v menší bublině.

Vysvětlení

Kapilární tlak je nepřímo úměrný poloměru bubliny, jak vyplývá z příslušného výpočtu.

Poznámky

1. Uvedené uspořádání pokusu je variantou pokusu uváděného zpravidla v učebnicích molekulové fyziky, při němž se používá skleněná trubička opatřená uprostřed trojcestným kohoutem.
2. Pokus na spojení dvou mydlinových bublin je vhodné obměnit pokusem s pouťovými balonky. I v tomto případě se ukáže, že v méně nafouknutém balonku je větší tlak, což zpravidla odporuje „zdravému rozumu“. Je však třeba zdůraznit, že jde pouze o vnější analogii. Především při zvětšování objemu balonku se zvětšují vzdálenosti mezi částicemi, při zvětšování bubliny se přemisťují molekuly z vnitřku roztoku do povrchových vrstev bubliny (má dva povrchy). Dále je třeba vzít v úvahu, že tlak uvnitř balonku může růst nebo klesat při jeho nafukování podle toho, zda převládne vliv změny napětí blány balonku nebo vliv změny křivosti jeho povrchu. U mydlinové bubliny je povrchové napětí konstantní, přetlak v bublině je nepřímo úměrný jejímu poloměru.

T 12 Vzlinavost vody

Pomůcky

sklenice, křbová zápalka (popř. špejle), mince, kádinka s vodou, tyčinka

Příprava a provedení

Větší zápalku, nejlépe křbovou, opatrně ualoniíme tak, aby oba díly zůstaly spojené několika vláknky. Takto nalomenou zápalku (tvaru písmena V) položíme na sklenici. Na zápalku dáme minci vhodného průměru. Uspořádání pokusu je na obr. 27.

Kápneme vodu na místo, kde je zápalka ohnutá. Pozorujeme, že se zápalka narovná, a to způsobí, že mince sama spadne do sklenice.

Vysvětlení

V místě zlomu jsou stlačena vlákna na vnitřní straně zápalky a dutiny mezi nimi. Voda vzlíná do těchto míst a vyplňuje stlačené dutiny. Vlákna se prodlužují a úm se zápalka rozevírá. Mince působením tíhové síly propadne do sklenice.

Poznámka

Pokus může být ověřením hypotézy vzniklé řešením problémové úlohy jak dostat minci na dno sklenice, aniž bychom do mince foukali, evrnkali apod.

T 13 Tlak syté páry éteru

Pomůcky

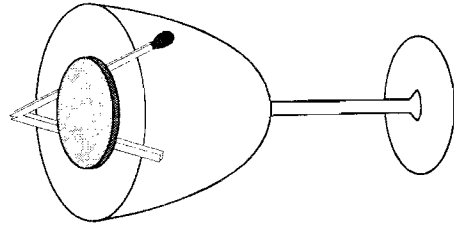
plastová láhev, zátká s otvorem, trubice se zúženým koncem, malá zkumavka, dvě gumičky, kádinka s teplotou vodou

Příprava

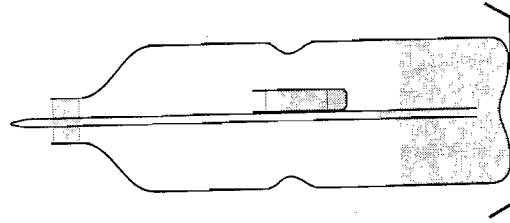
Láhev naplníme do 1/4 vodou teploty asi 30 °C a uzavřeme ji zátkou, jejímž otvorem prochází trubice nahoře zúžená a dole sahající téměř ke dnu. K trubici před zasunutím do zátky připevníme dvěma gumičkami úzkou zkumavku naplněnou éterem. Uspořádání pokusu je na obr. 28.

Provedení

Horní otvor trubice ucpeme prstem, láhev převrátíme, pak opět postavíme a otvor uvolníme. Voda vysoko vytřyskne.



Obr. 27



Obr. 28

Vysvětlení

Na počátku pokusu se sice éter vypařuje, ale jen málo. Celkový tlak vzduchu, vodní páry a éterové páry je roven okolnímu atmosférickému tlaku. Proto tlaková síla působící na vodní hladinu nevytláčí vodu z trubice. Jakmile se éter rozlije po povrchu vody, intenzivně se vypařuje a tlak nad kapalinou převyšuje atmosférický tlak. Tlaková síla vytlačuje vodu z nádoby, vznikne fontána.

T 14 Var vody za sníženého tlaku

Pomůcky

injekční stříkačka, kádinka s horkou převařenou vodou, lepenka

Příprava a provedení

Injekční stříkačku naplníme asi do poloviny převařenou vodou teploty 50 °C až 60 °C. Z válce odstraníme bublinu vzduchu. Sací otvor zalepíme lepenkou (stačí přitisknout prst) a tahem stáhneme píst do horní krajní polohy. Pozorujeme, že z vnitřku vody unikají bubliny – voda se vaří za sníženého tlaku.

Vysvětlení

Zvětšením objemu vzduchu a vodní páry došlo ke zmenšení tlaku nad vodou ve srovnání s okolním atmosférickým tlakem. Dosáhne-li toto zmenšení tlaku hodnoty dané křivkou syté vodní páry pro danou teplotu soustavy, začnou z vnitřku vody unikat bubliny syté vodní páry – voda vře.

Poznámka

Podmínkou pro úspěšný pokus je dobrá těsnost pístu. Je proto třeba vyzkoušet různé druhy injekčních stříkaček.

T 15 Tuhnutí a tání ledu

Pomůcky

čtyři plastové láhve (2 × 1,5 l; 2 × 2 l), ocelový drát (l m. průměr 0,3 mm), alobal, nůž, větší míska nebo hadr na podlahu

Příprava a provedení

Pokus provedeme ve dvou krocích:

- Naplníme dvě 1,5 l plastové láhve zcela vodou. Jednu láhev pevně uzavřeme, druhou volně zakryjeme kouskem alobalu. Obě láhve dáme

ELEKTRINA

E 1 Elektroskop

Pomůcky

plastová láhev (2 l), zátka z vosku, tlustší měděný drát, staniol (hliníková fólie), lepidlo, nůžky, polystyrenová podložka

Příprava

Sestavíme jednoduchý elektroskop podle obr. 29. Abychom zamezili unikání náboje, musíme plastovou láhev uzavřít zátkou z vosku (v nouzi navoskovanou korkovou zátkou). Vhodná je také zátka z polystyrenu. Zátkou prochází měděný (popř. mosazný) drát o průměru asi 3,5 mm, který je na jednom konci pravouhle zahnutý do písmena L. Na tuto zahnutou část leheč přilepíme přehnutý proužek staniolu (např. z obalu čokolády). Šířku volíme asi 4 mm, délku 5 cm. Na horní konec drátu přilepíme kuličku o průměru asi 2 cm, vyrobenou z alobalu.

Ke zvýšení citlivosti elektroskopu nalepíme na vnější stranu obalu láhve pás z alobalu ve tvaru vyznačeném na obr. 29, a to ve výši zavěšených lístků. Elektroskop postavíme na podložku z polystyrenu.

Provedení (ověření funkce)

Přiblížíme-li nabitě těleso (např. nabitě celuloidové pravítko, nabitý hřebek) ke kuličce elektroskopu nebo se přímo kuličky dotkneme, lístky staniolu se rozeztoupí, protože jsou nabity souhlasným nábojem. Zvětšíme-li náboj přiblížovaného tělesa, lístky se více rozeztoupí. Po oddálení tělesa (resp. dotknutím se kuličky prstem) lístky poklesnou.

Poznámky

1. Zátku z vosku je lepším izolantem než navoskovaná korková zátku. Vytvoříme ji tak, že roztavíme trochu vosku v plechovce ponořené do horké vodní lázně. Za stálého míchání přidáme sirmý květ, až se vytvoří pastovitá hmota. Z ní vymodelujeme zátku do hrdla plastové láhve.

2. Místo drátu zahnutého do L můžeme použít rovný drát, jehož dolní konec opilujeme do tvaru díla. Na každou opilovanou stranu nalepíme po jednom proužku staniolu tak, aby proužky byly dostatečně blízko sebe.

do mrazničky a necháme vodu zmrznout. Zjistíme, že dobře uzavřená nálev se „nafoukla“, jednotlivé záhyby na láhvi zmizely, popř. láhev praskla. U druhé láhve zjistíme, že část ledu vyčnívá z hrdla láhve.

b) Vzniklé ledové těleso z jedné láhve (např. z druhé) použijeme k pokusu zvanému znovuzamrznutí ledu. Uproštěd láhve vyřízeme z obalu proužek, abychom odkryli led. Láhev položíme přes opěradla dvou židlí. Přes led vedeme tenký ocelový drát, který na každém konci zařízíme dvoulitrovou láhvi s vodou. Pod láhev se zatížením dáme na podlahu velkou misku nebo hadr. Pozorujeme, že drát pomalu proniká ledem, úplně jím projde, ale led zůstane celý.

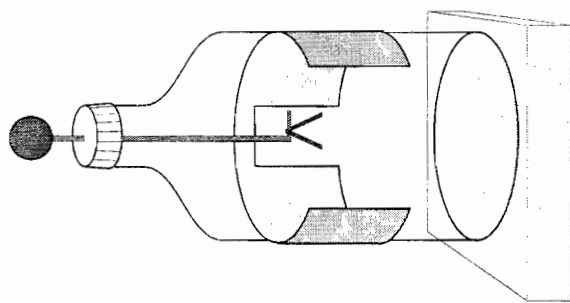
Vysvětlení

a) Při tuhnutí vody dochází ke zvětšování objemu, protože naslává uspořádanější rozložení molekul H_2O v krystalové mřížce. Tomuto uspořádání odpovídá větší objem než neuspořádanému rozložení molekul vody. U ledu je relativní zvětšení objemu asi 9 %.

b) Při zvětšení okolního tlaku se u ledu snižuje teplota tání. Tohoto výrazného zvětšení tlaku jsme dosáhli pod zatíženým drátem. Proto pod drátem led taje při teplotě nižší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzniklá voda vniká nad drát, kde je nižší tlak, a proto nad drátem znovu zamrzne. Drát postupně pronikne ledem, aniž ho rozdělí na dvě samostatné části.

Poznámka

Láhev se zamrzlou vodou, kterou použijeme k druhé části pokusu, necháme chvíli stát v teplé místnosti, aby se teplota ledu přiblížila k $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při odstraňování proužku z obalu láhve nožem musíme být opatrní, abychom se neporanili. Při domácím experimentu požádáme rodiče o pomoc při této úpravě.



Obr. 29

E 2 Elektrostatický motor

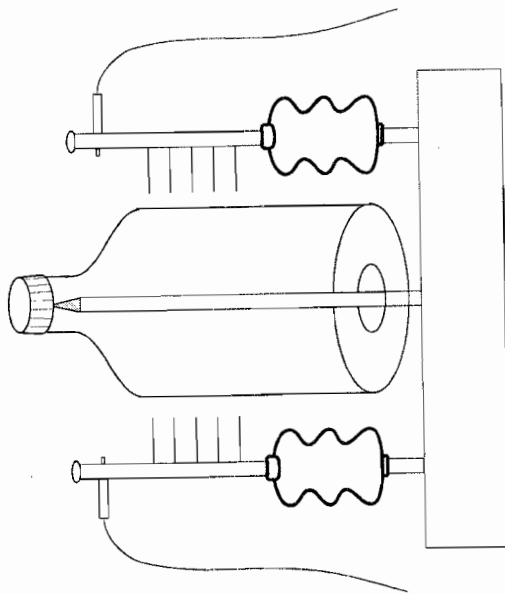
Pomůcky

plastová láhev (0,25 l) s uzávěrem, dvě Holzovy svorky, hřebíky asi 4 cm dlouhé (8 ks), šroubek s maticí, kovová pletací jehlice, zdroj vysokého napětí, vodiče, plastelína, blok z polystyrenu, nůžky, vrtačka s malým vrtákem na kov

Příprava

Pokus uspořádáme podle obr. 30. Ve dnu malé plastové láhve uděláme kruhový otvor se středem uprostřed dna a poloměru asi 1,5 cm. Uzávěr plastové láhve provrtáme tak, aby se otvorem dal prostrčit šroubek a zajistit maticí. Na konci šroubku uděláme malou jamku, aby se láhev s uzávěrem dala nasadit na jehlici s hrotem a na tomto hrotu se mohla otáčet. Jehlici zastrčíme do bloku (podstavce) z polystyrenu.

Po obou stranách láhve nasazené na jehlici upevníme tyčky z Holzových svorek. Do otvorů tyček nasrkáme hřebíky (popř. tlusté jehly), na každou stranu aspoň čtyři. Uspořádání volíme tak, aby špičky hřebíků byly asi 0,5 cm od obalu láhve (viz obrázek). Tyčky s hřebíky natočíme tak, aby byly přibližně v jedné rovině. Stabilitu tyček a jehlice zlepšíme jejich utěsněním plastelínou na povrchu polystyrenu. K tyčkám připojíme zdroj vysokého napětí aspoň 20 kV.



Obr. 30

Provedení

Zapneme zdroj vysokého napětí. Po malé chvíli se začne láhev otáčet (popř. do ní malinko ťukneme prstem). Po určité době se frekvence otáček ustálí. Vypneme-li zdroj, láhev se zastaví. Vznikl elektrostatický motor.

Vysvětlení

Okolo hrotů se vytvoří kladná a záporná koróna, ve které se nacházejí kladné a záporné ionty. Vlivem elektrostatické indukce dochází k přitahování kladných a záporných iontů k povrchu láhve (izolantu), který se nabíjí. V důsledku odpudivých coulombovských sil se láhev začne otáčet.

Poznámka

Ložisko sloužící k nasazení láhve na hrot jehlice můžeme vytvořit také tak, že na spodní část uzávěru láhve natěpíme malou patentku.

E 3 Jiskrový výboj

Pomůcky

indukční elektrika, kovové dětské autíčko, kovová záлка od láhve (korunka), vata, benzín, pinzeta, zápalky, stojan, vodiče, krokosvorky, starý kus látky

Příprava

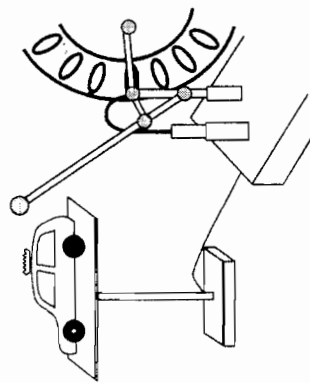
Pokus uspořádáme podle obr. 31. Jednu tyčku s kuličkou indukční elektriky stočíme tak, aby byla v blízkosti kovové střechy dětského autíčka (asi na vzdálenost 1 cm až 2 cm podle kvality indukční elektriky nebo jiného zdroje vysokého napětí). Druhou kuličku indukční elektriky spojíme vodičem s kositrou autíčka.

Na střechu autíčka pod kuličku indukční elektriky položíme korunku a na ni dáme malý chomáček vaty trochu namočený v benzínu.

Provedení

Zatočíme klikou indukční elektriky. Mezi kuličkou a korunkou vznikne elektrický výboj, kterým se zapalí vata. Plamen uhasíme přiklopením navlhčeného kusu staré látky.

Pokus opakujeme s tím rozdílem, že dáme korunku s vatou namočenou v benzínu dovnitř autíčka. Když zatočíme klikou indukční elektriky, nastane výboj



Obr. 31

mezi kuličkou a střechou, ale nevznikne výboj mezi střechou a korunkou uvnitř autička. Vata se proto nezapálí.

Vysvětlení

Pokusem modelujeme vznik jiskrového výboje (blesku) mezi mrakem a autem. V místě, kde vznikne výboj, se zahřeje vzduch a pára benzínu na takovou hodnotu, že vata vzplane.

Je-li vata uvnitř autička, je elektricky stíněna.

Poznámky

1. Při pokusu je třeba dbát zvýšené bezpečnosti. Např. po namočení vaty v benzínu dáme uzavřenou lahvičku s benzinem stranou od pokusu. Dbáme na to, abychom nikde benzinem nepokapali místa kolem autička. Plamen nenecháme dlouho hořet.
2. Protože zpravidla při bouřce bývají mraky nabitы kladně a mokrá zem záporně, provedeme připojení indukční elektriky v tomto smyslu.
3. Místo indukční elektriky lze použít výkonný van de Graaffův generátor nebo jiný zdroj vysokého napětí aspoň 20 kV.

E 4 Sériové spojení dvou rozdílných žárovek

Pomůcky

žárovka 220 V/60 W v objímce, žárovka 4 V/0,3 A v objímce, zdroj napětí 220 V, voltmetr s rozsahy 30 V a 300 V, ampérmetr 3 A, spínač

Příprava a provedení

Provedeme pokus, při kterém zapojíme ke zdroji střídavého napětí 220 V do série spínač, ampérmetr a obě žárovky. K žárovkám připojíme paralelně voltmetr s rozsahy 300 V a 30 V (popř. rozsah 10 V, je-li k dispozici).

Po sepnutí spínače obě žárovky svítí, nedošlo k intuitivně očekávanému přepálení vlákná u malé žárovky. Odečteme hodnoty proudu v obvodu a napětí na žárovkách. Provedeme diskusi, proč nastala tato situace.

Vysvětlení

V daném zapojení prochází oběma žárovkami stejný proud, který není větší než 0,3 A. To jednak potvrzuje experimentálně zjištěná hodnota proudu, jednak to lze zjištět výpočtem:

$$I = U/R = U (P/U^2 + U_1/I_1)^{-1} = 220 (220^2/60 + 4/0,3)^{-1} \text{ A} = 0,27 \text{ A.}$$

Z vypočtené hodnoty je vidět, že vlákná malé žárovky se nemůže přepálit.

Poznámka

Námět pokusu, který z hlediska bezpečnosti práce provádí pouze učitel, je vhodný jako problémový úkol. Položíme otázku, zda je takové, na první pohled nesmyslné zapojení, vůbec možné. Při způsobu řešení typu „pokus a omyl“ může mít učitel připraveny malé žárovky s různými provozními hodnotami proudu, takže u některé může dojít k přepálení. Vlastní výpočet pak ukáže správnost řešení.

E 5 Model jednoduchého elektromotoru

Pomůcky

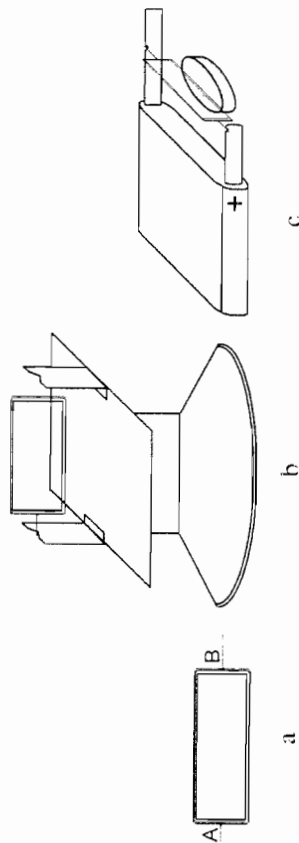
izolovaný měděný drát o průměru 0,5 mm, krabička od zápalek, smirkový papír, prkénko (10 cm x 5 cm x 0,5 cm), dva plechové pásky, magnet z reproduktoru, regulovatelný zdroj napětí do 30 V, dvě krokosvorky, vodiče, pilník

Příprava

Na vnitřní krabičku od zápalek navineme z izolovaného měděného drátu cívkou asi o 15 závitů. Volné konce cívky na protilehlých kratších stranách asi dvakrát až třikrát obtočíme kolem závitů (obr. 32a) tak, aby se kolem nich mohla cívka dobře volně otáčet (byla dobře vyvážená). Konce A, B cívky očistíme smirkovým papírem od smaltu na té polovině os, kde se cívka opírá o podložku při ustálení. Touto úpravou nahradíme komutátor.

Dále v přípravné fázi pokusu upevníme na malé prkénko dvě z plechu vystřížené podpěrky cívky, obr. 32b. Výšku podpěr volíme tak, aby byla jen o něco větší, než je polovina délky kratší strany cívky (kvůli stabilitě). Do podpěrek vyplujeme malé zářezy a do nich položíme cívku.

Prkénko s cívkou položíme na magnet reproduktoru. Na jednu podpěrku připojíme krokosvorkou vodič od kladné svorky a na druhou podpěrku vodič od záporné svorky stejnosměrného zdroje napětí.



Obr. 32

Provedení

Zvolíme vhodné napětí, do cívky malinko úkneme prstem. Cívka se roztocí, vznikl jednoduchý elektromotor. V olbou napětí měníme rychlost otáčecí cívky.

Vysvětlení

Prochází-li cívkou proud, vzniká silová dvojice, která začne cívku otáčet. Sčtrvačností se cívka přetočí o 180°, čímž se opět obnoví kontakt se zdrojem napětí, a celý děj se opakuje.

Poznámka

K sestavení jednoduchého elektromotoru můžeme také použít cívku, kterou položíme na plíšky ploché baterie (na plíšcích uděláme malé zářezy, aby cívka nespadla). Místo magnetu z reproduktoru zvolíme v tomto případě ferit ve tvaru válečku, který dáme pod cívku. Uspořádání pokusu je na obr. 32c.

OPTIKA

O 1 Rozklad světla ve vodě (model duhy, varianta A)

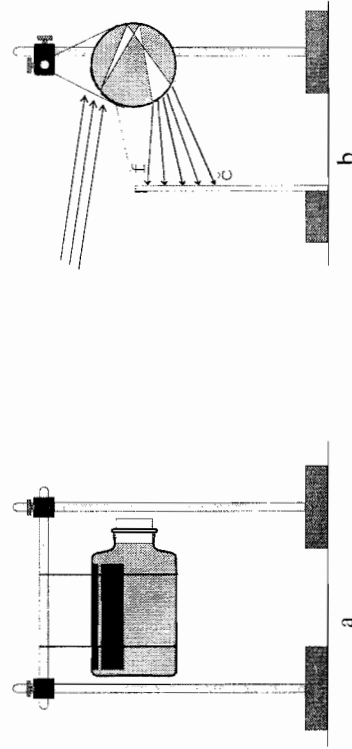
Pomůcky

plastová láhev (1 l), pevná nit, černý papír, lepidlo, zdroj bílého světla, bílé sítnítko, stojan s držáky

Příprava

Plastovou láhev s hladkými stěnami důkladně omyjeme zvenčí i uvnitř. Pak ji naplníme zcela vodou a uzavřeme. Přitom dbáme, aby v láhvi po uzavření nezůstaly vzduchové bubliny. Plášť láhve přelepíme asi do 1/3 dvěma pruhy černého papíru tak, aby mezi nimi zůstala 2 mm až 3 mm široká podélná štěrbina. Po této úpravě láhev zavěšíme vodorovně na stojan dvěma bifilárními závěsy, jak ukazuje obr. 33a.

Do vzdálenosti 20 cm až 25 cm od láhve umístíme bílé sítnítko. Mezi spodní černý pruh na láhvi a horní hranu sítníka připevníme černý papír, abychom zlepšili zastínění.



Obr. 33

Provedení

Ze směru vyznačeného na obr. 33b osvětlíme štěrbinu v plášti úzkým svazkem rovnoběžných paprsků bílého světla. Láhvi otáčíme kolem její vodorovné osy tak dlouho, až se na sítníku objeví spektrum bílého světla (jako model duhy). V horní části spektra je fialová a v dolní červená barva.

Vysvětlení

Dopadá-li bílé světlo na špičku lžičky s vodou, pak se kromě odrazu láme ke kolmici do vody a rozkládá se na barevné složky. Lomené barevné paprsky dopadají na zadní část lžičky, kde dochází k částečnému lomu od kolmice a k částečnému odrazu světla dovnitř nádoby. Tyto odražené paprsky se znovu lámou na spodní části lžičky a vystupují z ní na stínítko.

Poznámky

1. Používáme lžičku co nejméně poškrábanou.
2. Sled spektrálních barev u tohoto modelu duhy je obrácený než u skutečné duhy v přírodě. V ní mají červené paprsky větší sklon k vodorovné rovině než paprsky fialové a proto se jeví oku červený pás výše než pás fialový.

O 2 Rozklad světla ve vodě (model duhy, varianta B)

Pomůcky

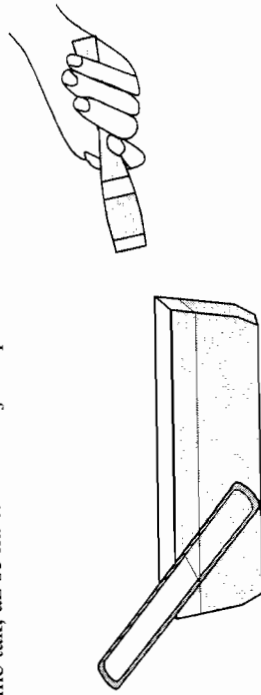
mělká miska, sklenice s vodou, zrcadlo, plastelína, kapesní svítilna, bílé stínítko

Příprava

Misku naplníme asi do poloviny vodou. Zrcadlo opřeme šikmo o boční stěnu misky tak, aby aspoň z 1/3 bylo ponořeno. Zrcadlo připevníme k misce plastelínou, aby se ve vodě nepohybovalo.

Provedení

Rozsvítíme baterku a její světlo namíříme na ponořenou část zrcadla, jak ukazuje obr. 34. Nad baterkou přidržíme bílé stínítko (bílý list papíru). Baterku naklááme tak, až se na stínítku objeví spektrum bílého světla – duha.



Obr. 34

Vysvětlení

Analogické pokusu O 1.

O 3 Model vláknového světlovodu (světelná fontána)

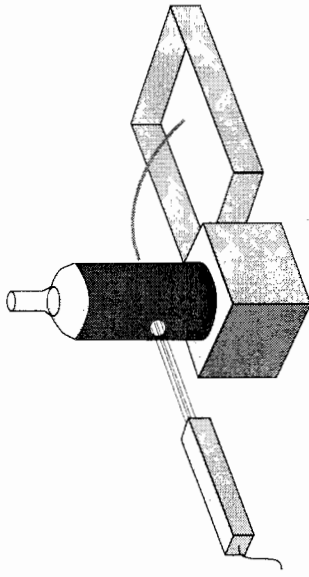
Pomůcky

plastová láhev (1,5 l - 2 l), skleněná vanička (akvárium), laser, průsvitná lepenka, drát (hřebík), stínítko (bílý papír)

Příprava

Vnější povrch láhve nařezáme (naštrikáme) černou rychleschnoucí barvou, např. aerosolovou barvou ve spreji. Potom asi 4 cm od dna uděláme do láhve otvor nahřátým hřebíkem. Průměr otvoru volíme asi 4 mm. Proti otvoru na vnější straně opatrně šeskrábeme barvu, aby vznikl kruh o průměru, jako má otvor. Tímto okénkem pak budeme osvětlovat protější otvor, kterým bude vytékat voda.

Otvor přelepíme kouskem průsvitné lepenky, abychom mohli láhev naplnit vodou a postavit na stojan, jak ukazuje obr. 35. K osvětlení okénka v láhvi použijeme laserový paprsek. Vytékající vodu zachytíme do vaničky.



Obr. 35

Provedení

Zapneme laser a chod paprsku seřídíme tak, aby procházel okénkem a vystupoval zalepeným (průhledným) otvorem. Stopu v přímém směru můžeme zachytit na stínítku. Zatemníme místnost.

Nyní opatrně odlepíme otvor, aby z něho vytékala voda. Pozorujeme červeně zbarvený vytékající vodní paprsek po celé jeho trajektorii. Pomocí bílého papíru ukážeme, že v okolí vodního paprsku světlo z laseru prakticky nezachytíme.

Ve vaničce pozorujeme, jak se laserové světlo rozptyluje na vzduchových bublinách. Výraznou stopu laserového světla také zjistíme, když dáme bílý papír do cesty vodnímu paprsku v libovolném místě jeho trajektorie.

Vysvětlení

Laserový paprsek se opakovaně totálně odráží a probíhá cíkac formován ve vodním proudu. Částečně ale také vystupuje z vodního paprsku (proto vidíme proud vody červeně zabarvený) v místech, kde je nerovný povrch vody v důsledku malé soudržnosti molekul vody. Jde však jen o částečný rozptyl.

V místech, kde se vodní paprsek začíná rozpadat na kapky, přestává vodní paprsek „světélkovat“.

Poznámky

1. Chceme-li, aby se vodní paprsek netříštil, musíme vytvořit v láhvi otvor s hladkými okraji.
2. K otvoru plastové láhve se dá také přilepit skleněná trubička o vnějším průměru, jako má otvor v plastové láhvi, rovnoměrně zahnutá vzhůru. Její konec zužujeme. Laserový paprsek pak sleduje zakřivení této trubičky šikmo vzhůru a na to navazující zakřivení vodního paprsku šikmo dolů.
3. Chceme-li, aby pokus probíhal delší dobu, zavedeme do horní části láhve pryžovou hadici vhodného průměru napojenou na vodovodní uzávěr. Uzávěrem nastavíme přívod vody tak, aby se výška hladiny v plastové láhvi přibližně neměnila. Výšku vody v láhvi je třeba experimentálně vyzkoušet, aby byl vodní paprsek vhodně zakřiven.

O 4 Totální odraz světla v organickém sklu (model světlovodu)

Pomůcky

dvě tyčinky z organického skla, dvě korkové zátky, kapesní svítilna, smrkový papír, svíčka, leštěnka na chróm, zubní pasta, zápalky

Příprava

Tyčinky z organického skla získáme např. ze stavebnice plastikového modelu zvaného kit, kde tvoří lisovací rámeček u průhledných dílů stavebnice.

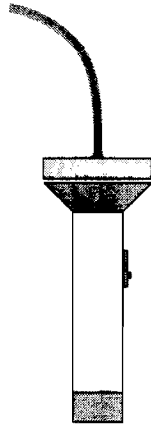
K pokusu potřebujeme dvě tyčinky, jednu s lesklými stěnami, druhou s matnými stěnami. Konce tyčinek zabrousíme smrkovým papírem do rovné plochy. Nad plamenem svíčky opatrně ohneme každou tyčinku do oblouku. Musíme mít na paměti, že příliš ostré ohyby nesplňují podmínku úplného odrazu.

Jednu tyčinku vyleštíme nejdříve leštěnkou na chróm (např. Neoxydem) a potom jemně doleštíme zubní pastou. Zvláštní pozornost věnujeme oběma koncům tyčinky. U matové tyčinky naopak povrch zdrsníme jemným smrkovým papírem, ale konce také vyleštíme.

Do větší korkové zátky uděláme otvor o průměru o něco menším, než je průměr vyleštěné tyčinky. Tyčinku vsadíme do vytvořeného otvoru. Podobně do druhé korkové zátky vsadíme tyčinku z matovými stěnami.

Provedení

V zatemněné místnosti přiložíme jednu, resp. druhou zátku s tyčinkou ke kapesní svítilně, obr. 36. Pozorujeme, jak se světlo šíří jednou, resp. druhou tyčinkou.



Obr. 36

Vysvětlení

V lesklé tyčince dochází na hladkých stěnách k totálnímu odrazu, dopadající světlo vystupuje koncem tyčinky. U tyčinky z matového skla dochází na stěnách k rozptylu světla.

O 5 Svíčka hořící pod vodou (problémová úloha)

Problémový úkol: Jak to udělat, abychom viděli hořet svíčku ve vodě?

Pomůcky

hladká plastová láhev (1,5 l - 2 l), svíčka, zápalky, skleněná deska, stojan s držákem

Příprava a provedení

Před dobře vyleštěnou skleněnou desku (např. z vitríny) postavíme hořící svíčku. Na opačnou stranu desky do téže vzdálenosti, jako jsme postavili svíčku, umístíme plastovou láhev naplněnou vodou. Při pohledu na láhev přes sklo vidíme svíčku hořet ve vodě.

Vysvětlení

Láhev s vodou je v místě, kde vzniká zdánlivý a přímý obraz svíčky vytvořený rovinným zrcadlem – sklem. Oko zobrazí svíčku i láhev s vodou na sítinici.

Poznámka

Toto „optické řešení“ problémového úkolu je vhodné ještě vylepšit tím, že neprůhlednou desku zakryjeme ze strany hořící svíčky, takže záci vidí jen sklo a za ním láhev s vodou, ve které hoří svíčka.

O 6 Skryté barvy (papírková chromatografie)

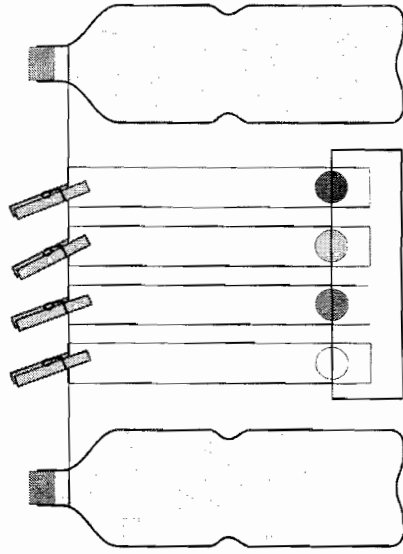
Pomůcky

dvě plastové láhve, různobarevné fixy, savý papír, několik kuliček na prádlo, fotomiska s vodou, nůžky, provázek

Příprava a provedení

Savý papír (např. filtrační) rozstříháme na několik proužků, např. čtyři. Ve spodní části každého proužku namalujeme vždy jedním fixem kruh. Nad fotomiskou s vodou napneme vodorovně provázek mezi dvěma plastovými láhvemi naplněnými vodou (slouží jako stativ).

Na provázek připevníme pomocí kuliček na prádlo proužky papíru s barevnými kruhy tak, jak je znázorněno na obr. 37.



Obr. 37

Postupně pozorujeme, že proužky nasávají z misky vodu. Barvy stoupají s vodou do různé výšky, některé se rozkládají do různých, jednoduchých barev. Např. černou tvoří více barev, zelená je složena z modré a žluté barvy, červená neobsahuje žádné skryté barvy atd.

Vysvětlení

Výroba barev spočívá ve smíchávání základních barev v různých poměrech.

POUŽITÁ LITERATURA

- Ardley, N.: My Science Book of Colour, London, 1991 (čes. překlad Moje kniha pokusů, Barva, Bratislava 1992).
- Ardley, N.: My Science Book of Water, London, 1991 (čes. překlad Moje kniha pokusů, Voda, Bratislava 1992).
- Backe, H.: Fyzika z vlastních pozorování. Praha, SPN, 1973.
- Bader, F., Dorn, F.: Physik, Mittelstufe. Hannover, Schroedel Schulbuch verlag GmbH, 1980.
- Bilimovič, B. F.: Fyzikální kvízy. Moskva, Mir, 1981.
- Fuka, J. a kol.: Pokusy z fyziky na základní škole. Praha, SPN, 1985.
- Herolt, E.: Pokusy z fyziky. Příručka pro učitele fyziky. Praha, 1947.
- Kášpar, E., Vachek, J.: Pokusy z fyziky na středních školách, 1. díl. Praha, SPN, 1967.
- Krause, A., Wilke, H.-J.: Experimente mit durchsichtigen Plastikflaschen. In: Physik in der Schule. Berlin 30(1992), 5(Teil 1), 9(Teil 2), 11(Teil 3).
- Novobilská, V.: Pokusy s plastovými láhvemi v jednoduchém provedení. V: Školská fyzika 3/1993-1994.
- Patzig, W., Wilke, H.-J.: Experimente mit durchsichtigen Plastikflaschen. In: Physik in der Schule. Berlin 31(1993), 3(Teil 4), 4(Teil 5), 6(Teil 6).
- Pilát, V.: Pokusy z optiky. Praha, SPN, 1965.
- Rojko, M., Lustigová, Z.: Hrej si a přemýšlej, aneb 50 pokusů z fyziky. Praha, 1992.
- Saal, T.: Jednoduché pokusy ve výuce optiky na střední škole. Diplomová práce, MFF UK Praha, 1994.
- Smith, C.J.: Wightlessness for Large Classes. The Physics Teacher 27, č.1.
- Stubblefield, V. E.: Physisc Teacher. 30 (1992) 437.
- Svoboda, E.: Pokusy z termiky. Praha, Komentium, 1989.
- Svoboda, E., Bakule, R.: Molekulová fyzika. Praha, Academia, 1992.
- Švadlenka, M.: Kouzla nejsou žádné čáry. Praha, MF, 1959.
- UNESCO: Základy přírodních věd v pokusech. Praha, SPN, 1971.